

Autopilot v robotických dronoch*

Alexej Putiška

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií
`xputiska@stuba.sk`

14. december 2021

Abstrakt

Už v dnešnej dobe sa stretávame čím ďalej, tým viac s využitím dronov. Je to naozaj zariadenie budúcnosti. Kľúčom k prevádzke robotických dronov je softvér autopilota. Hlavným cieľom práce je zamerať sa na proces jeho fungovania. Popísať základný postup a prostriedky, ktoré sa využívajú pri ňom. Taktiež spomenúť momentálny a potencionálne budúci stav využiteľnosti autopilota dronov alebo ako sa pokúsiť zabezpečiť čo najbezpečnejšiu prevádzku. Okrem pozitívnych prínosov je zameraná aj na tie negatívne. Sú spomenuté hrozby, ktoré nám prinášajú, ale aj snaha o objektívne zodpovedanie na morálne otázky pri implementácii do bežného života a taktiež dopady na ľudskú spoločnosť.

1 Úvod

Dopyt po autonómnych zariadeniach v súčasnosti rastie. Osobitnou súčasťou autonómnych zariadení sú autonómne drony. Dron je možné vysvetliť ako bezpilotné lietadlo. Teda obrovskou výhodou je, že počas letu nie je ľudská bytosť jeho priamou súčasťou. Vďaka tomu sa spoločnosť snažila plne zautomatizovať prevádzku takéhoto zariadenia. Autonómne drony nie sú len vzdialená budúcnosť. Vďaka rýchlemu nárastu výkonných mikropočítačov je možné vytvárať veľmi pokročilé riešenia. [6] Prevádzka a navigácia vo vonkajšom prostredí môže byť veľmi presná vďaka dostupnosti signálu GPS. Kooperatívny let v otvorenom priestore sa dá dobre vykonávať vďaka absencii prekážok, ktoré by mohli mať negatívny vplyv na komunikačné zariadenia. Lietanie v oblasti s väčším počtom prekážok, napr. vo vnútri budovy, je náročnejšie. Vyžaduje si veľmi presný pohyb v úzkych priestoroch so zakrytým alebo nedostupným signálom GPS. [4] Vytvorenie autonómneho systému je veľmi náročné, pretože si vyžaduje integráciu viacerých prvkov, napr. plánovanie misie, navigáciu alebo mapovanie terénu. Existuje množstvo dostupných riešení pre tieto problémy samostatne, avšak integrácia týchto prvkov môže byť problematická. [5]

*Semestrálny projekt v predmete Metódy inžinierskej práce, ak. rok 2021/22, vedenie: Ing. Ján Lúčaný

2 Rozdelenie dronov na základe ich autonómnosti

Class	Concept	Guidance (intelligence and decision making)	Navigation (measurement and estimation)	Control	Scenario (assuming long distance flight of logistics and so on)
A 2020s	Bio-inspired flight capable of flying to the destination only with vision.	Risk avoidance, real time route plan and re-plan, determination of event driven type, FTA (fault tree analysis) and crisis management capacity, and intelligent flight by AI learning.	Capable of momentarily recognizing change in three-dimensional environment including weather and radio wave, ability of momentarily recognizing three-dimensional environment with respect to real time mapping, and accurate localization momentary recognition.	Accurate, robust 3D trajectory tracking and optimization ability, wide range high speed visual SLAM standard equipment.	Capable of flying a long distance only using the ground support system (UTM), the camera, and the like even without using GPS, and landing at the destination with high accuracy. Capable of flying like a bird with a landmark.
B 2019	Fault tolerance/ fail safe/flight that never crashes.	Capable of abnormality diagnosis during drone flight, and environment adaptiveness is present. Capable of determination whether to continue or stop the mission. Capable of SAA (Sense & Avoid).	Capable of recognizing the level of risk of the abnormal state of the drone itself at the time of occurrence of an abnormality, and changing the control structure and so forth.	A robust flight controller. Capable of reconstruction of make up for every failure or capable of adapting. Configure a control system that never crashes at worst.	Capable of analyzing the cause of the occurrence of a failure from the abnormality diagnosis result of the multicopter, and having an ability of autonomous determination of the presence and absence of flight continuation. Achievement of a drone that never crashes even though carrying out a crash landing using the parachute, airbag, and auto rotation autonomous startup ability.
C 2017	Autonomous flight (autonomous flight in a non GPS environment).	Capable of autonomous flight by an on-board camera and so on not using GPS regarding programed flight of Class D.	Capable of all sensing and state estimation. Also partially capable of abnormality diagnosis function of drone during flight.	Regarding programed flight of Class D, visual SLAM, optical flow standard equipment.	Capable of carrying out hovering, landing, and trajectory tracking flight by a camera without GPS, and reporting general failure such as communication failure, sensor failure, and propulsion system failure during flight.
D 2015	Autonomous flight (autonomous flight in a non GPS environment).	Capable of programed flight such as waypoint flight and trajectory tracking flight. Flight plan, flight analysis, and guidance by a skilled person using the ground station.	Almost capable of sensing and state estimation, and capable of abnormality presence and absence determination of a simple plane. All measurement and recognition by a skilled person.	The control command is calculated by an on-board micro-computer or a PC. The control is not intervened by an operator.	Capable of trajectory tracking control, take-off and landing, and hovering using GPS. In addition, also capable of detecting communication failure, GPS and electronic compass failure, battery power reduction, and so forth.
E 2013	Remotely operated.	All decision making (guidance function) are carried out by a skilled operator.	Almost measurement and recognition (navigation function) are carried out by a skilled operator.	All control (control including attitude control) are carried out by a skilled operator.	All control, hovering, take-off and landing, and target trajectory tracking are carried out by a skilled operator.

Obr. 1: Prehľad rozdelenia dronov na základe ich autonómnosti [5]

Na obrázku 1 je autonómia dronu, ktorá je takmer synonymom bezpečnosti, rozdelená do piatich stupňov od triedy A po triedu E, pričom pre každý z piatich stupňov je podrobne popísaná koncepcia, úroveň navádzania, úroveň navigácie, úroveň riadenia a scenár na základe predpokladu logistiky. [5] V ďalších podkapitolách sú stručne popísané charakteristiky každej zo spomínaných tried.

2.1 Trieda E

Úroveň, ktorá je závislá na obsluhu človeka pri rádiovu riadenej prevádzke dronu. [2]

2.2 Trieda D

Trieda, v ktorej je autonómny let možný ako naprogramovaný let, pri ktorom je všetko od vzletu po pristátie určené v pláne trajektórie, ktorý vopred vytvoril človek za predpokladu, že je možné prijímať rádiové vlny GPS. Všetko posudzuje kvalifikovaný človek. Je to trieda, v ktorej všetko spracúva palubná centrálna jednotka, automaticky oznamuje poruchu komunikácie, abnormality kompasu, zostávajúci stav batérie a podobne. [2]

2.3 Trieda C

Trieda C je určená pre drony schopné autonómneho letu aj v prostredí bez GPS. Využíva rôzne metódy, napríklad spracovanie obrazu pomocou kamery, lasera, lidar, tachografu, zvukov a rádiových vln. Rôzne oznámenia o abnormalitách dronu a podobne sú podobné ako v triede D a prítomnosť a neprítomnosť pokračovania misie posudzuje človek. Najmodernejšie drony v roku 2017 patrili do triedy C. [2]

2.4 Trieda B

Drony sú definované ako stroje, ktoré nikdy nespadnú a v prípade abnormality autonómne rozvinú padák alebo podobne a vykonajú núdzové pristátie pred pádom. Na tento účel sa počas letu neustále aktivuje algoritmus na diagnostiku abnormalít a ak sa zdravotný stav lietajúceho robota líši od normálneho stavu, identifikuje sa príčina abnormality a autonómne sa posúdi, či sa bude v misii pokračovať alebo nie. [2]

2.5 Trieda A

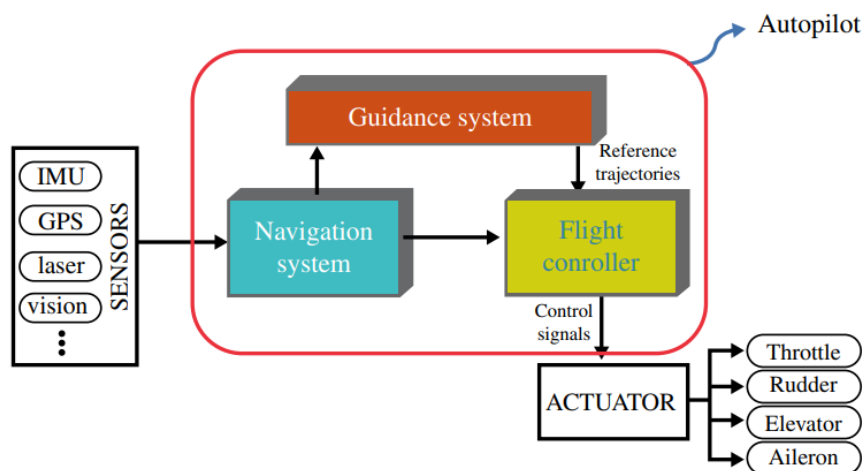
Trieda A je ideálna forma lietajúceho robota, ktorú možno nazvať bioinšpirovaným letom, teda letom ako vták. Rádiové vlny GPS už nie sú potrebné. Vykonáva vysokorýchlostné spracovanie obrazu zo snímkov zhotovených kamerou alebo podobným zariadením, ktoré je namontované na lietajúcom robotovi. Vykonáva tak odhad vlastnej polohy. Lietajúci robot je schopný sám rozpoznať, kde práve letí. Lietajúci robot má schopnosť dosiahnuť cieľ, ktorý je vzdialený aj 10 km alebo ďalej s orientačným bodom na zemi bez použitia rádiových vln GPS. Je to trieda, v ktorej lietajúci robot je schopný bezpečného letu tým, že vopred vníma abnormality lietajúceho robota pri vykonávaní analýzy porúch počas letu. V tejto fáze možno využiť aj efekt učenia sa umelej inteligencie, pričom čím viac lietajúci robot lieta, tým inteligentnejším sa autonómny let stáva. [2]

3 Konceptia ideálnej štruktúry autopilota

Bezpilotné lietadlá sa používajú v čoraz väčšom počte civilných aplikácií, ako je napríklad kontrola a prieskum nebezpečných a zložitých prostredí, oblastí postihnutých katastrofou a podobne. Autonómne navádzanie, navigácia a riadenie sú potrebné na dosiahnutie týchto úloh bez priameho alebo nepretržitého ľudského riadenia. [3]

Na obrázku 2 je znázornená jednoduchá bloková schéma systému navádzania, navigácie a riadenia. Pozostáva z troch základných častí:

- Navigačný systém (Navigation system)
- Systém navádzania (Guidance system)
- Riadiaca slučka (Flight controller)



Obr. 2: Ideálna štruktúra autopilota a systému navádzania, navigácie a riadenia [3]

3.1 Navigačný systém

Navigačný systém je v širšom zmysle umenie určiť, kde sa nachádzate. V prípade autonómnych vozidiel, ako sú roboty a bezpilotné lietadlá, možno navigáciu definovať ako proces získavania informácií o vlastnom pohybe vozidla a tiež o okolitom prostredí. Tieto informácie môžu byť metrické (vzdialenosti) alebo typologické (orientačné body alebo akékoľvek iné podnety, ktoré sú užitočné na dosiahnutie úlohy a zaručenie bezpečnosti, napríklad použitie optického toku na vyhýbanie sa prekážkam). Navigačný systém zohráva v systéme lietadla kľúčovú úlohu. Štandardné navigačné algoritmy zvyčajne kombinujú informácie z mnohých zdrojov na odhad polohy, uhlových rýchlostí, výšky, rýchlosti a polohy vozidla vzhľadom na nejaký pevný referenčný bod alebo vzhľadom na nejaký cieľ. Pokročilé navigačné systémy zahŕňajú aj mapovanie, detekciu prekážok a lokalizáciu. Výstupy navigácie sa používajú pri navádzaní a riadení a ovplyvňujú výkonnosť letu a plnenie úloh. [2] [3]

3.2 Systém navádzania

Navádzací systém možno definovať ako "vodič" drona, ktorý má splniť určitú úlohu. Prijíma vstupy z navigačného systému (kde sa nachádzam) a využíva informácie o zameraní (kam chcem ísť) na vyslanie signálov do systému riadenia letu, ktoré umožnia vozidlu dosiahnuť cieľ v rámci prevádzkových obmedzení vozidla. Navádzací systém má teda za úlohu plánovať dráhu letu a generovať požadované stavové vektory (poloha, rýchlosť, smer a výška), ktoré musí vozidlo sledovať. Medzi základné ťažkosti patrí čiastočne známe a meniace sa prostredie, cudzie faktory, ako sú hrozby, a výpočtová zložitosť, pretože problém plánovania trajektórie sa vo všeobecnosti rieši pomocou matematických optimalizačných metód, ktoré sú výpočtovo príliš náročné. [2] [3]

3.3 Riadiaca slučka

Riadiaca slučka prijíma navádzacie príkazy a využíva navigačné údaje na generovanie aktuálnych signálov pre pohyb drona, ako aj na stabilizáciu polohy vozidla. Túto časť je teda možné predstaviť ako miesto, kde sa zlepujú získané informácie a prenášajú sa až do samotného pohonu, ktorý uvedie dron do požadovaného pohybu. [2]

4 Reakcia na témy z prednášok

Technológia a ľudia. Vysnívaný stupeň autonómnosti dronov spôsobí to, že ich bude môcť ovládať naozaj každý. S takým robotom sa budeme stretávať denne. Plne zautomatizovaný autonómny dron nahradí niektoré pracovné pozície, ako napríklad profesia kuriéra bude vo veľkej miere odlišná. Trh práce sa zmení, a preto sa dá povedať, že zavedenie dronov do bežného života môže byť prelomový okamžik v spôsobe života ľudí.

Historické súvislosti. Navádzacie a navigačné systémy boli pôvodne vyvinuté pre rakety. Tieto systémy získali širšie využitie s príchodom kozmických lodí, riadených striel a bezpilotných lietadiel. [1] Ako pri množstve vynálezov aj autonómne drony mali zo začiatku len malý okruh využiteľnosti. Avšak sa postupom času začínali využívať viac, ako napríklad aj na zábavu, a v blízkej budúcnosti budú pravdepodobne súčasťou každodenného života.

Udržiateľnosť a etika. Už v tomto období je zrejmé, že pokrok v oblasti autonómnych dronov sa nezastaví. Pri premýšľaní nad tým, sa naskytne aj otázka, či to pôjde správnym smerom. Princípy autonómnosti majú svoj vznik vo vojenskom priemysle, a preto jasné, že v tejto oblasti ich vývoj bude aj pokračovať. A teda, využije sa taký skvelý prostriedok na nemorálne účely? S určitosťou je možné povedať áno. Dokonca sa už aj k takýmto účelom využíva, aj keď sa s tým väčšina z nás nestretla. Autonómne drony môžu byť pozitívne uľahčovať život ľudí, alebo viesť k úplnej strate súkromia a byť aktívnou súčasťou vojenských konfliktov. Je len na spoločnosti ako sa k tomu postaví.

5 Záver

Od dronov sa vyžaduje spoľahlivosť, odolnosť a bezpečnosť, ktoré im umožnia opakovať denný let v trvaní približne 8 hodín po dobu približne 5 rokov. Netreba spomínať samozrejmy postup každodennej pravidelnej kontroly a výmeny komponentov. Lietajúci robot blízkej budúcnosti je pokročilý intelektuálny lietajúci stroj, ale aj po splnení takých predpokladov stále zostáva strojom. Takže lietajúci robot, ktorý lieta veľmi nízko, kde sa počasie zvykne drasticky meniť, musí mať funkciu schopnú reagovať na abnormálne udalosti počas letu. Autonómny dron novej generácie musí byť "dronom, ktorý nikdy nehavaruje", ale pred haváriou vykoná núdzové pristátie na bezpečnom mieste, ktoré on sám vyhľadá. V tomto zmysle takýto lietajúci robot ešte nebol uvedený na trh. Autonómne drony sa však vyvíja tak rýchlo, že v najbližších rokoch budú mať autonómiu triedy A. [2]

Literatúra

- [1] K Nonami. All of the drone industry application, 2018.
- [2] Kenzo Nonami. Present state and future prospect of autonomous control technology for industrial drones. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 15(1):6–11, 2020.
- [3] Kenzo Nonami, Farid Kendoul, Satoshi Suzuki, Wei Wang, and Daisuke Nakazawa. *Autonomous flying robots: unmanned aerial vehicles and micro aerial vehicles*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [4] Jesús Pestana Puerta, José Luis Sánchez López, Paloma de la Puente Yusty, Adrián Carrio Fernández, and Pascual Campoy Cervera. A vision-based quadrotor multi-robot solution for the indoor autonomy challenge of the 2013 international micro air vehicle competition. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, pages 1–20, 2015.
- [5] Jose Luis Sanchez-Lopez, Martin Molina, Hriday Bavle, Carlos Sampedro, Ramón A Suárez Fernández, and Pascual Campoy. A multi-layered component-based approach for the development of aerial robotic systems: The aerostack framework. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 88(2):683–709, 2017.
- [6] Paweł Smoczyński, Łukasz Starzec, and Grzegorz Granosik. Autonomous drone control system for object tracking: Flexible system design with implementation example. In *2017 22nd International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, pages 734–738. IEEE, 2017.