OBRONA DODO

1. Powitanie

Dzień dobry nazywam się Jan Kostecki i mam zaszczyt przestawić państwu efekty prac nad projektem opisanym w mojej pracy inżynierskiej zatytułowanej „Neuronowy kontroler do sterowania bezzałogowym statkiem powietrznym”.

1. Koncepcja

Zacznijmy od pierwotnej koncepcji, czyli autonomicznego lotu modelu samolotu po wyznaczonej tracie. Założonym celem było wykonanie manewru „leniwej ósemki” pomiędzy kolumnami oddalonymi od siebie o 80 metrów. Doświadczeni piloci tego typu modelów są w stanie wykonać taki manewr manualnie w sposób optymalny i szybki, pojawiło się zatem pytanie, jak przelać ich doświadczenie na system sterowania samolotem. Wybranym rozwiązaniem zostały algorytmy sztucznej inteligencji.

1. Dodo

Ale zacznijmy po kolei – do przygotowania modułu neuronowego kontrolera potrzebna jest platforma testowa czyli model samolotu. Początkowo wykorzystywany był piankowy EasyGlider 4, o rozpiętości skrzydeł 2 metrów, który niestety nie jest przystosowany do pomieszczenia dodatkowej elektroniki. Dlatego szybko została podjęta decyzja o budowie samolotu będącego w pełni zintegrowanym z projektowanym kontrolerem. W ten sposób powstał obecny dzisiaj z nami samolot „Dodo”, wykonany z materiałów kompozytowych z drewnianym kadłubem. Został zaprojektowany do stabilnych, lotów ze stosunkowo niską prędkością przelotową, ma rozpiętość skrzydeł 2 metry, a jego masa startowa wynosi około 1.5 kg. Skrzydła zostały wykonane zostały ze styroduru pokrytego tkaniną szklaną oraz wzmocnione włóknami węglowymi utwardzonymi żywicą epoksydową. Samolot jest dwuczęściowy, skrzydła są przykręcane do kadłuba, pomiędzy mini znajduje się podstawka nadająca odpowiedni kąt natarcia.

1. Fotowoltaika

Wykonywanie lotów testowych i zbieranie danych wymaga utrzymania samolotu jak najdłużej w powietrzu, dlatego na jego skrzydłach zostały umieszczone ogniwa fotowoltaiczne. Instalacja została zbadana na stanowisku pomiarowym, co wykazało, że w słoneczny letni dzień generować będzie około 30W mocy, co przekłada się na ponad połowę zapotrzebowania energetycznego samolotu, a zatem znacznego wydłużenia czasu lotu. Szeregi ogniw w celu umieszczenia na skrzydle zostały najpierw zlutowane oraz zabezpieczone folią o grubości 80 mikrometrów, a następnie zintegrowane z powierzchnią skrzydeł podczas procesu laminowania. Metoda ta została opracowana w studenckim kole naukowym AGH Solar Plane.

1. Hardware

Widoczny samolot z pewnością przyciąga całą uwagę, jednakże najważniejszym elementem całego projektu jest jego serce, czyli moduł kontrolera lotu. Znajduje się na nim mikrokontroler Teensy 4.0, będący głównym komputerem pokładowym, a także moduł IMU, GPS, moduły komunikacji radiowej oraz konwerter poziomów logicznych. Dwunastopinowe gniazdo umieszczone z boku służy do zasilania, kontroli wychyłów powierzchni sterowych (lotek, steru wysokości oraz kierunku) przez serwomechanizmy, prędkości obrotu silnika przez elektroniczny regulator prędkości oraz komunikacji z rurką pitota wbudowaną w skrzydło, czyli czujnikiem prędkości wiatru. Jako akumulator używany jest pakiet lipo 3s umieszczany w przedniej części kadłuba za klapką, przykręcaną na śrubkę. [PODPIĘCIE BATERII] Sam kontroler montowany jest przy pomocy jednego ruchu – na prowadnicy wsuwany jest w gniazdo mocujące. W ten błyskawiczny sposób, po przykręceniu dwóch śrubek, samolot jest gotowy do startu.

1. Software

Najtrudniejszym elementem w przygotowaniu oprogramowania samego mikrokontrolera było zapewnienie jego nieprzerwanej pracy z uwagi na charakter sterowania samolotem w powietrzu w powietrzu i konieczności ciągłego korygowania lotu. Dodatkową trudnością okazało się równoczesne zbieranie bardzo dużych ilości danych z precyzyjnych sensorów. Oprogramowanie umożliwia sterowanie w dwóch trybach – manualnym, w którym sygnał z aparatury jest przekazywany bezpośrednio na wyjście sterujące, oraz autonomicznym, w którym o sygnałach wyjściowych decyduje bezpośrednio sieć neuronowa, co jest innowacyjnym podejściem praktycznie nie spotykanym w literaturze naukowej. Wprowadzone zostały także zabezpieczania – w przypadku wykrycia braku ciągłości w sterowaniu (spowodowanego na przykład błędem sensora), uruchamiany jest tryb awaryjny, umożliwiający jedynie manualne sterowanie i jak najszybsze sprowadzenie modelu na ziemię. Tryb ten jest też uruchamiany w momencie, kiedy podczas rozruchu systemu wykryte zostanie uprzednie uzbrojenie silnika, co oznacza, że najprawdopodobniej doszło do restartu kontrolera w powietrzu. W takim przypadku pomijane są inicjalizacje sensorów, a pilot jest w stanie w ciągu niecałej sekundy odzyskać sterowanie manualne.

1. Stacja i protokół

Wszystkie dane telemetryczne są w czasie rzeczywistym wysyłane z samolotu na ziemię przez moduł radiowy. Aby zapewnić najszybszą i najpewniejszą komunikację opracowany został specjalny protokół komunikacji pomiędzy naziemną stacją bazową a samolotem. Każda ramka danych składa się z symbolu typu (nakazu akcji, zapytania o informację, nakazu zmiany wartości, odpowiedzi), numeru symbolizującego zmienną lub akcję oraz wartości. Znaki kodowane są w formacji ASCII, co minimalizuje szansę na odczytanie błędnej ramki.

1. Aplikacja webowa

Dane z samolotu przekierowywane są na laptopa, następnie przez aplikację przekaźnikową na serwer, a z serwera do specjalnie przygotowanej aplikacji do wizualizacji i przetwarzania danych. Została ona zaprojektowana w możliwie najbardziej praktyczny sposób użytkowania, także w warunkach wyjazdu na testy samolotu, podczas których każda sekunda jest bardzo cenna. Aplikacja posiada dynamiczny układ 4 paneli, pomiędzy którymi można układać różne kombinacje okien, z którymi się aktualnie pracuje. Posiada konsolę, wizualizację, mapę, konfigurację samolotu, odtwarzacz zapisanych logów, możliwość rysowania wykresów czy mapę połączeń w całym środowisku.

1. Trening AI

I dopiero po przygotowaniu wszystkich elementów, o których przed chwilą powiedziałem, możliwe było przejście do samego zbierania danych i treningu rekurencyjnej sieci neuronowej o strukturze 21 wejść, 10 neuronów ukrytych, 5 wyjść (4 powierzchnie sterowe i prędkość silnika). Danymi wejściowymi są informacje telemetryczne o położeniu i orientacji samolotu oraz jego prędkości względem ziemi i powietrza, estymowana za pomocą dziewięciu wartości estymowana dalsza trajektoria, oraz rekurencyjna odpowiedź z poprzedniego cyklu sterowania. Trening na podstawie danych z przelotów został zrealizowany z środowisku MATLAB, z którego przy pomocy autorskiego skryptu sieć jest eksportowana do C++ i wgrywany na samolot.

1. Autonomiczne loty

I teraz najważniejsze: rezultaty. **Nauczona sieć neuronowa z powodzeniem wykonała fragmenty założonej trasy ósemki.** Na wizualizacji żółtą linią zaznaczony został lot w trybie autonomicznym. Można zaobserwować wykonanie pełnego zakrętu, wyprostowanie po wyjściu z zakrętu, czy wejście w zakręt z lotu po linii prostej. Na widocznym wykresie nałożono wykres zachowania się pilota oraz sieci neuronowej przy wejściu w zakręt – charakter ich zachowania jest do siebie bardzo zbliżony, co potwierdza brak przypadkowości poprawnego wykonania manewrów.

1. Wnioski

Wykonane eksperymenty potwierdzają sukces założeń projektu – sieć neuronowa może zostać wykorzystana do sterowania modelem samolotu. Co prawda wielowarstwowy perceptron nie radzi sobie z pokonaniem całej trasy „ósemki” z powodu namnażających się błędów sterowania w dłuższym ujęciu czasowym, dlatego planowanym rozwojem projektu jest użycie sieci typu LSTM, która jest odporna na tego typu problemy.

1. Dziękuję za uwagę

To już wszystko z mojej strony, dziękuję bardzo za uwagę i zapraszam do zadawania pytań.