

1 Review odborného článku

Název článku: Aircraft Control System Using LQG and LQR Controller with Optimal Estimation-Kalman Filter Design

Autoři článku: Labane Chrif, Zemalache Meguenni Kadda

Odkaz na článek: www.sciencedirect.com

Seznam Příloh: aircraft.pdf

1.1 Review

Tato práce se zabývá implementací řízení letadla pomocí metod **LQG** (Linear–Quadratic–Gaussian control) a **LQR** (Linear–Quadratic regulator) pomocí nástrojů Matlab/Simulink. Kombinace metody řízení LQR a **Kálmánová filtra** umožňuje lepší odhad parametrů, získaných ze sensorů a následovné řízení letadla.

V oblastech letectví nároky na systémy řízení jsou násobně větší vzhledem k účinnosti a spolehlivosti systémů. S rostoucí požadavky na řízení a autonomnost letadel jedním řešením je zvětšení čísla sensorů a akčních členů. Což má za následek zvětšení ceny výrobku. Nicméně moderní přístupy k řízení systému mají být schopny pracovat s mnoha vstupními a výstupními parametry. Jedním z řešení je LQG, který je vhodný pro použití v praktických úlohách, kde systém ovlivňuje rušením a šumem měření.

Pro řízení letadla jsou 3 dostupné rotace, které umožňují změnit směr letu letadla. To jsou **Pitch**, **Roll** a **Yaw**. Řízení dále se dělí na podélný směr a boční směr.

Dynamika v podélném směru (longitudinal dynamic) ve stavové reprezentaci vypadá následující:

$$\begin{bmatrix} \dot{w} \\ \dot{q} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w \\ q \\ \theta \end{bmatrix} + \mathbf{B}[\delta_e] \quad (1)$$

$$y = \mathbf{C} \begin{bmatrix} w \\ q \\ \theta \end{bmatrix} + \mathbf{D} \quad (2)$$

Matice **A**, **B**, **C**, **D** lze dohledat v článku.

Dynamika v bočním směru (lateral dynamic) ve stavové reprezentaci má tvar:

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{p} \\ \dot{r} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} \beta \\ p \\ r \\ \phi \end{bmatrix} + \mathbf{B} \begin{bmatrix} \delta_a \\ \delta_r \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$y = \mathbf{C} \begin{bmatrix} \beta \\ p \\ r \\ \phi \end{bmatrix} + \mathbf{D} \quad (4)$$

Matice **A**, **B**, **C**, **D** lze dohledat v článku.

LQG regulátor se skládá z filtru Kalmana a LQR regulátora zařazených za sebou, jak znázorňuje následující diagram 1.

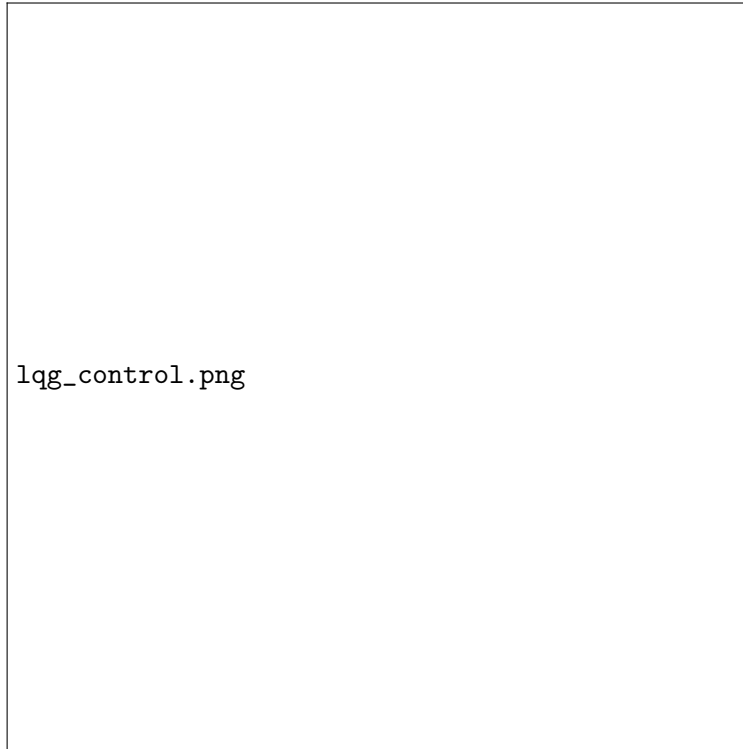


Figure 1: Plant model in Simulink.

Pro přenos regulátora platí:

$$\frac{d}{dt}\hat{x} = [A - LC - (B - LD)K]\hat{x} + Ly_v \quad (5)$$

$$u = -K\hat{x} \quad (6)$$

Soustava obsahující rušení je doplněna o w a v , které představují bílý šum:

$$\dot{x} = Ax + Bu + Gw \quad (7)$$

$$y_v = Cx + Du + Hw + v \quad (8)$$

Při návrhu LQR regulátoru uživatel na základě zkušeností odhaduje matice Q , N , a R které představuje rychlost, se kterou požadovaný parametr se přibližuje k žádané poloze a také úsilí, které regulátor musí vykonat pro dosažení této polohy. LQR regulátor pracuje se znalostí celého stavového vektoru. Ale ve většině případů nejsme schopni měřit celý stavový vektor x . Proto je nutné použití Kálmánův filtr, který, pokud systém pozorovatelný a říditelný, je schopný tento stavový vektor odhadnout.

Při návrhu Kálmánova filtru počítáme že systém obsahuje určitou míru rušení (v případě letadla to může způsobit vítr, nebo změny v hustotě vzduchu, které vyvolá vibrace) a také měření ze sensorů obsahuje šum. Hlavním cílem je navrhnout Kálmánův filtr tak aby odhad parametrů byl co nejpresnější.

Výsledky simulace znázorněny v článku.

1.2 Krirické zhodnocení

Z uvedených výsledku lze konstatovat že řízení LQG je schopné řídit pitch angle, roll angle a sideslip angle letadla. Přítomnost Kálmánova filtru zaručuje optimální odhad a rekonstrukce parametru stavového vektoru při výskytu bílého šumu.

Článek vyžaduje určitou míru znalosti v problematice dynamiky letadla. Většina koeficientu v kapitolách 2. a 3. vyžaduje studium dalších zdrojů. Při čtení mě přispěla prezentace adl.stanford.edu/ tykající základní informace o dynamice letadla. Nicméně následující kapitoly dostatečně přehledné a informativní. Implementace diskrétního Kalmana vyžaduje od čtenáře znalost použití přechodů v Simulinku mezi systémem se spojitým časem a diskrétním. Toto lze zrealizovat například blokem Zero-Order-Hold.