

تمرین سری اول درس هدایت و ناوبری

علی بنی‌اسد

۲ فروردین ۱۴۰۲

۱ سوال اول

۱.۱ موشک هوا به زمین

۱.۱.۱ اجزای سیستم هدایت

۲.۱ عکاسی هوایی با استفاده از پهپاد

۲ سوال سوم

۱.۲ بخش اول

برای محاسبه مکان گیرنده با استفاده از چهار ماهواره، چهار معادله و چهار مجهول زیر حل شده است و نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. سرعت نور $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ در نظر گرفته شده است.

$$\begin{aligned}(x - A_1)^2 + (y - B_1)^2 + (z - C_1)^2 - (c(t_1 - d))^2 &= 0 \\(x - A_2)^2 + (y - B_2)^2 + (z - C_2)^2 - (c(t_2 - d))^2 &= 0 \\(x - A_3)^2 + (y - B_3)^2 + (z - C_3)^2 - (c(t_3 - d))^2 &= 0 \\(x - A_4)^2 + (y - B_4)^2 + (z - C_4)^2 - (c(t_4 - d))^2 &= 0\end{aligned}\tag{۱}$$

جدول ۱: مکان و تاخیر بدست آمده از داده‌های چهار GPS

solution number	position (Km)			delay (sec)
	x	y	z	
1	2810343.11	-51463.07	-164331.37	70.81
2	2799259.98	97783.81	-600793.30	-56.06

۲.۲ بخش دوم

در این بخش با انتخاب سه ماهواره و فرض $d = 0.05_{\text{sec}}$ به حل سوال GPS پرداخته شده است. در این بخش، همه‌ی حالت‌های ممکن (چهار حالت) بررسی شده است. محاسبات آن در فایل (Q3.m) متلب آورده شده است. در هیچکدام از حالت‌ها این مساله جواب ندارد (برای بررسی فایل اشاره شده را اجرا کنید). در ادامه، خطای موقعیت برابر است با عدم دقت ساعت در سرعت نور، فرض شده است.

$$e = c \times t_e \quad (۲)$$

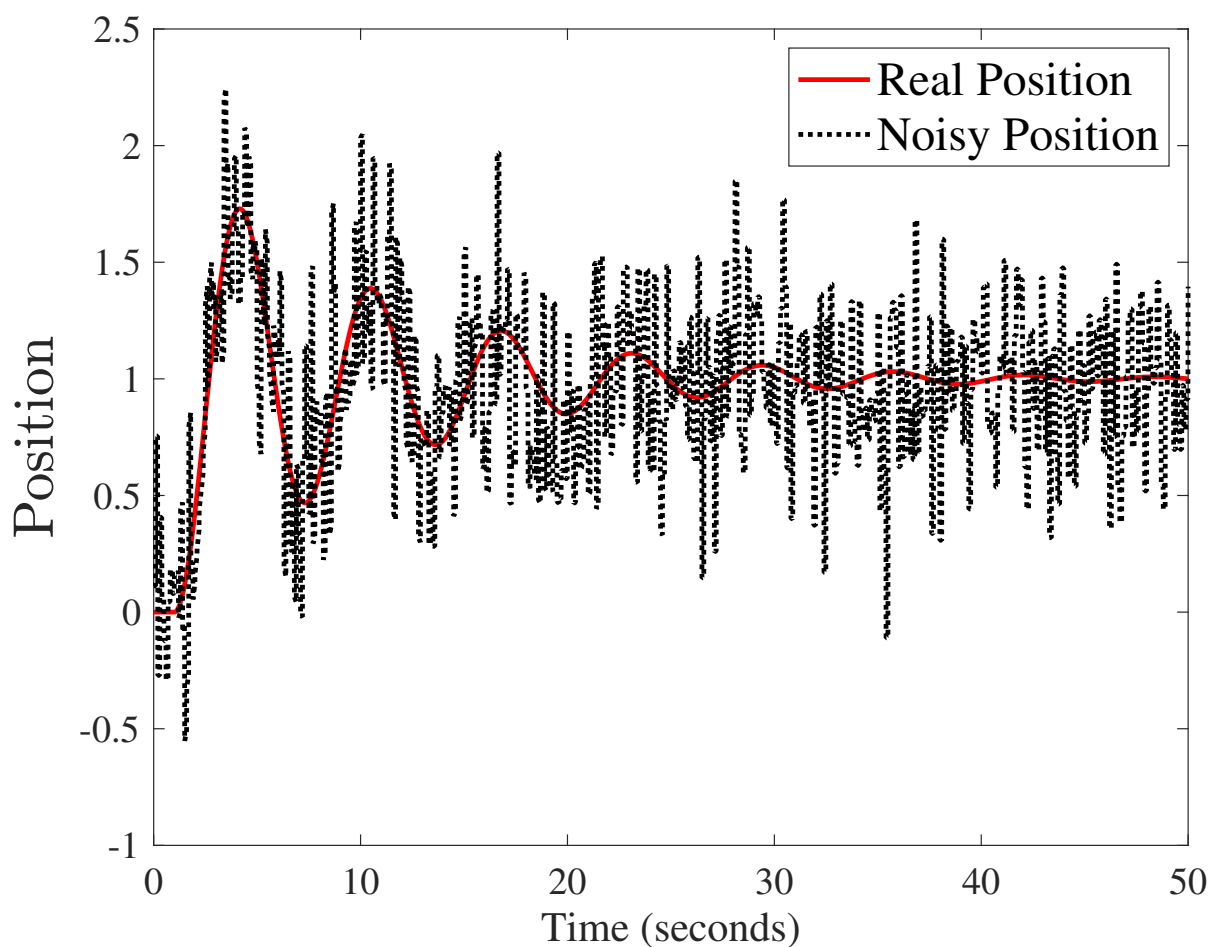
$$e = c \times t_e \rightarrow 80 = 3 \times 10^8 t_e \rightarrow t_e = 26.7_{\mu\text{sec}}$$

۳ سوال چهارم

در این قسمت به بررسی و مقایسه فیلتر کالمن^۱ و فیلتر پایین گذر^۲ پرداخته شده است. در شکل ۱ دو سیگنال نویزی و واقعی از سیستم آورده شده است.

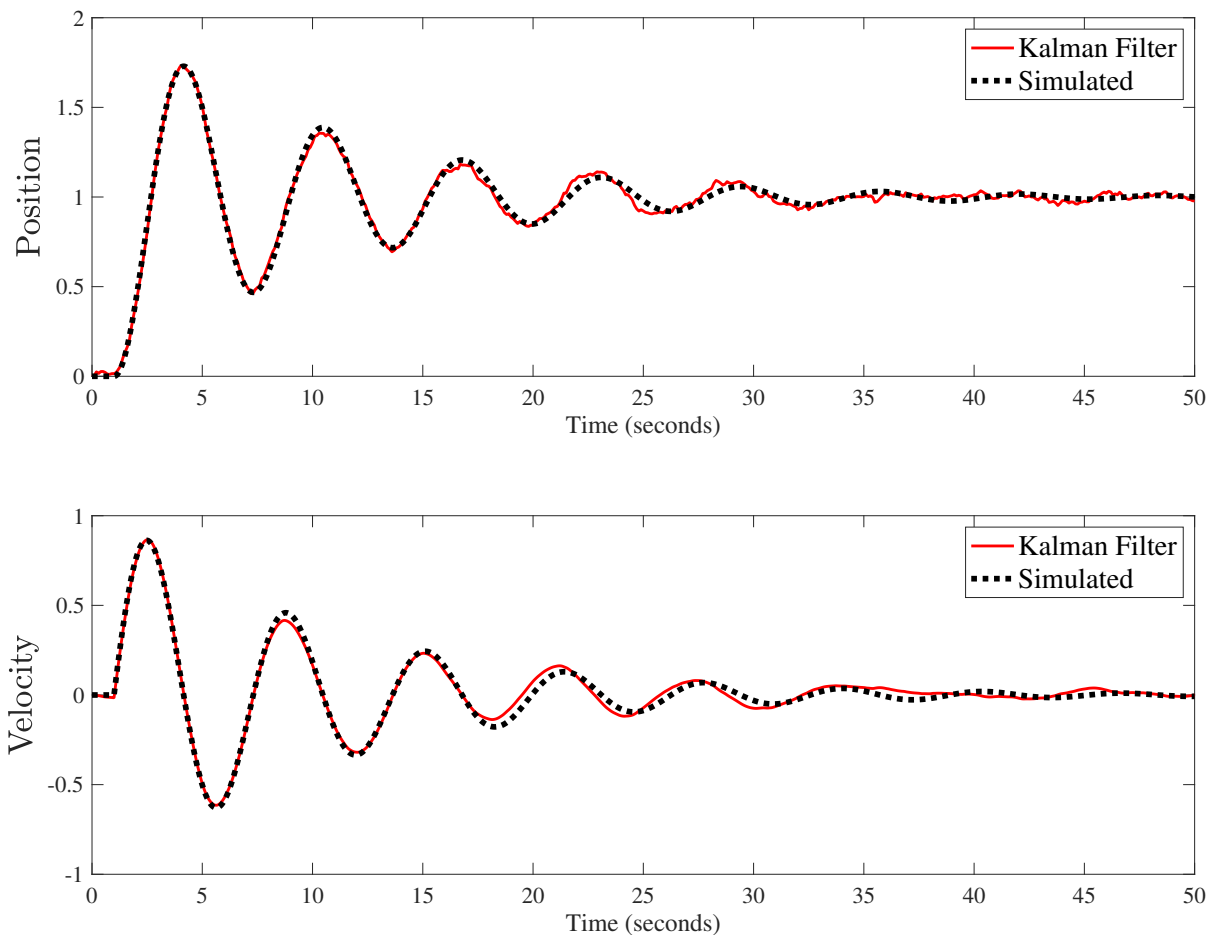
^۱Kalman filter

^۲Low Pass Filter



شکل ۱: مکان واقعی و نویزی شبیه‌سازی شده

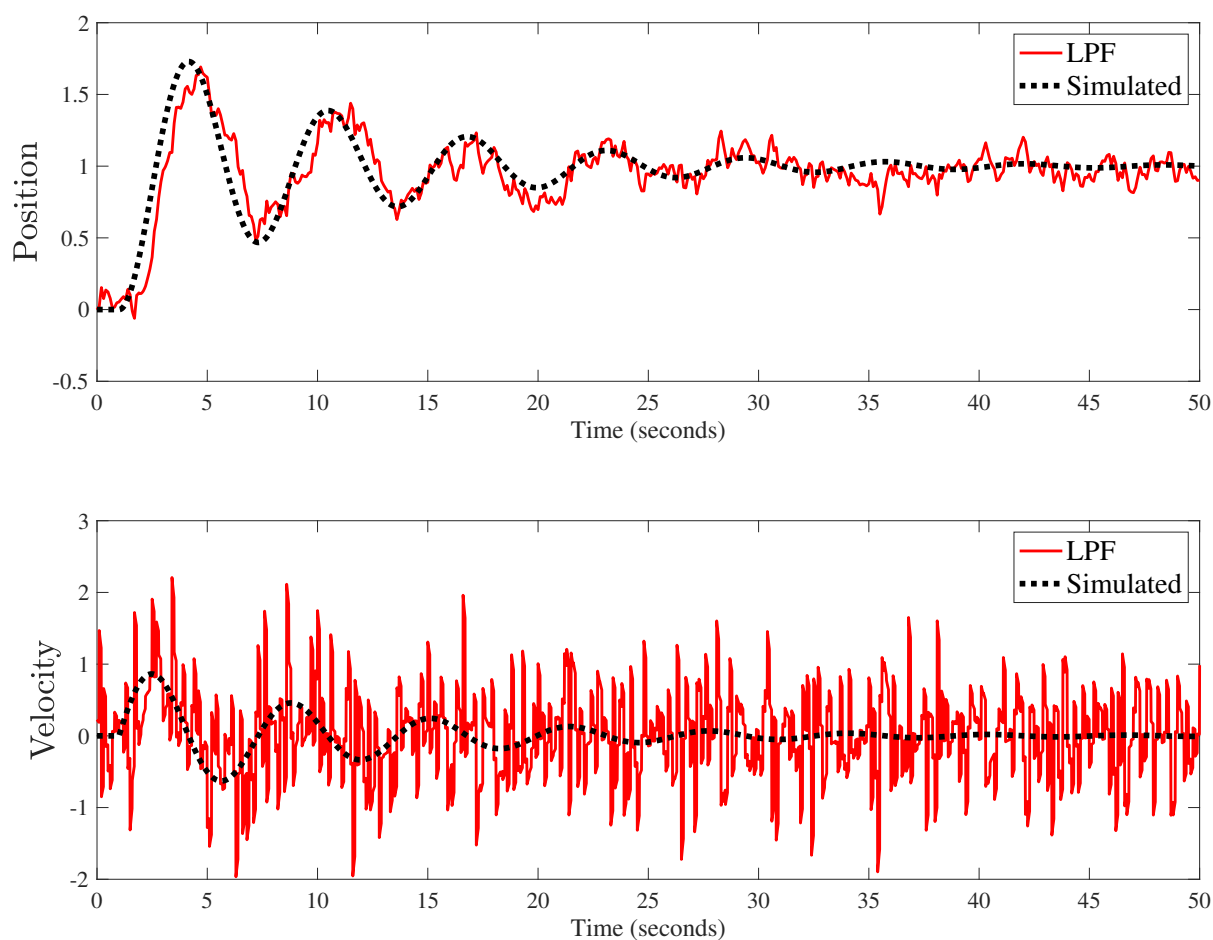
در ادامه، برای تخمین وضعیت سیستم از بلوک آماده Kalman Filter استفاده شده است. در این سیستم تنها خروجی نویزی مکان وجود دارد و هیچ داده‌ای به طور مستقیم از سرعت سیستم موجود نیست. نتیجه پیاده‌سازی فیلتر کالمن در شکل ۳ آمده است.



شکل ۲: مکان و سرعت تخمین زده شده با استفاده از فیلتر کالمن

در نهایت، برای تخمین وضعیت سیستم از فیلتر پایین گذر استفاده شده است. یک تابع تبدیل برای تخمین مکان و دیگری برای تخمین سرعت با استفاده از تابع تبدیل مشتق‌گیر به همراه فیلتر پایین گذر، استفاده است. برای تنظیم پارامترهای فیلتر پایین گذر از روش بهینه‌سازی Greedy استفاده شده است. تابع تبدیل فیلترهای پایین گذر به صورت زیر است. نتیجه پیاده‌سازی فیلتر پایین گذر در شکل ۳ آمده است.

$$\text{position LPF} = \frac{1}{0.5s + 1}, \quad \text{velocity LPF} = \frac{s}{0.5s + 1} \quad (۳)$$



شکل ۳: مکان و سرعت تخمین زده شده با استفاده از فیلتر پایین گذر

بر اساس نتایج پیاده‌سازی، فیلتر کالمن که از مدل سیستم استفاده می‌کند، تخمین بهتر و با تاخیر کمتری می‌زند و در نهایت عملکرد بهتری نسبت به فیلتر پایین گذر دارد.

فهرست مطالب

۱	سوال اول	۱
۱	۱.۱ موشک هوا به زمین	۱
۱	۱.۱.۱ اجزای سیستم هدایت	۱
۱	۲.۱ عکاسی هوایی با استفاده از پهپاد	۱
۱	۲ سوال سوم	۲
۱	۱.۲ بخش اول	۱
۲	۲.۲ بخش دوم	۲
۲	۳ سوال چهارم	۲

فهرست تصاویر

۱	مکان واقعی و نویزی شبیه سازی شده	۳
۲	مکان و سرعت تخمین زده شده با استفاده از فیلتر کالمن	۴
۳	مکان و سرعت تخمین زده شده با استفاده از فیلتر پایین گذر	۵

List of Tables

1	GPS	2
---	---------------	---