

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

DIAGNOSTIKA A ROZHODOVÁNÍ

KKY/DR

1. semestrální práce

Autor:
Marek Lovčí

October 2, 2020



Detekce úniků korelační metodou

Předmět zadání

Demonstrujte použití korelační metody v časové i frekvenční oblasti pro lokaci místa úniku média z potrubí v simulovaných datech. Akustický signál v době úniku budou přijímat senzory s_1 a s_2 se známým umístěním.

Simulace naměřených dat

- Vygenerujte dostatečně dlouhý vzorkovaný signál S simulující akustický signál úniku. Signál S zvolte jako součet třech signálů:
 1. sinusový s amplitudou 0,7 o frekvenci vybrané z rozsahu 700 – 1000 Hz,
 2. sinusový s amplitudou 0,15 o frekvenci vybrané z rozsahu 2 000 – 3 000 Hz,
 3. bílý šum s nulovou střední hodnotou a rozptylem v rozsahu 1 – 2.

Vzorkovací frekvenci signálu vhodně zvolte a volbu zdůvodněte.

- Lokaci snímače s_1 volte v počátku souřadnicového systému, snímač s_2 umístěte 1 500 m od s_1 a místo úniku vhodně zvolte. Uvažujte rychlost 5 000 m/s jako rychlost šíření zvuku v materiálu potrubí.
- Signál S_1 přijímaný snímačem s_1 vytvořte posunutím signálu S o čas (počet vzorků) potřebný k přenesení z místa úniku do místa snímače s_1 .
- Signál S_2 přijímaný snímačem s_2 vytvořte posunutím signálu S o čas (počet vzorků) potřebný k přenesení z místa úniku do místa snímače s_2 .
- Vhodně ořízněte počáteční a koncové vzorky tak, aby signály S_1 a S_2 na začátku/konci neobsahovaly případné nuly vzniklé posunutím signálu S .
- Signál S_1 zašumte náhodným šumem s odstupem signál/šum 80 dB, zašuměný signál dále označme SS_1 , signál S_2 zašumte náhodným šumem (nekorelovaným s předchozím šumem) s odstupem signál/šum rovněž 80 dB, zašuměný signál dále označme SS_2 .
- Pro účely řešení úlohy nyní uvažujte, že během úniku je výstupem snímače s_1 signál SS_1 a snímače s_2 signál SS_2 .
- Metodu použijte i na dalších simulovaných signálech lišících se pouze dB úrovní odstupů signál/šum (60, 40, 20, 10, 0, -10, -20, -40, -60 a -80 dB)

Výpočet

Ze signálů SS_1 a SS_2 určete místo úniku. K výpočtu použijte vzájemnou korelační funkci s výpočtem

- v časové oblasti a
- ve frekvenční oblasti pomocí vzájemné spektrální hustoty a FFT.

Použité nástroje

Simulaci a výpočet proveďte v prostředí MATLAB, příp. naprogramujte ve vybraném programovacím jazyce.

Co se odevzdá

V referátu ve formátu PDF uveďte zvolené hodnoty a předpoklady, vyhodnoťte výsledky výpočtů, úspěšnost metod vzhledem k odstupům signálu od šumu a porovnejte dobu běhu obou použitých metod výpočtu. Referát doplňte o tabulku znázorňující závislost určeného místa úniku na odstupě signál/šum. Spolu s referátem odevzdejte pro posouzení komentovaný programový kód, který byl k řešení použit. Pracujte samostatně a dbejte na splnění všech bodů zadání.

1 Vypracování

Zadání dává možnost zvolit si frekvence pro sinusové signály. Mnou zvolené hodnoty jsou $F_1 = 700 \text{ Hz}$ a $F_2 = 2000 \text{ Hz}$. Jako rozptyl bílého šumu byla zvolena hodnota 1, tedy $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2) = \mathcal{N}(0, 1)$.

Vzorkovací frekvence signálu nesmí porušit Nyquist–Shannonův teorém, je tedy nutné vzorkovat signál nejméně dvojnásobnou frekvencí než je maximální frekvence nacházející se v signálu.

$$f_s = 2B$$

$$f_s = 2 \cdot \max(F_1, F_2)$$

Bod úniku média jsem zvolil ve dvou třetinách vzdálenosti mezi snímači, tedy v 1000 metrech.

2 Výsledky

Tabulka 1 obsahuje pro přehlednost zaokrouhlené hodnoty. Lze z ní vyčíst, že z hlediska přesnosti jsou metody srovnatelné, výpočet v časové doméně je však až několikanásobně delší.

Šum (dB)	Únik média (m)		Doba výpočtu (s)	
	Časová doména	Frekvenční doména	Časová doména	Frekvenční doména
80	1000	1000	0.0340	0.0091
60	1000	1000	0.0368	0.0036
40	1000	1000	0.0201	0.0007
20	1000	1000	0.0160	0.0006
10	1000	1000	0.0144	0.0025
0	1000	1000	0.0125	0.0003
-10	869	1000	0.0129	0.0003
-20	963	1196	0.0129	0.0003
-40	969	1448	0.0148	0.0003
-60	478	669	0.0123	0.0005
-80	746	514	0.0124	0.0004

Table 1: Odhady úniku média a doby výpočtů ve frekvenční a časové doméně pro různé úrovně zašumění signálu.

Tabulky 2 a 3 zobrazují, jak obstojné jsou metody z hlediska různých pozic úniků média. Potvrzují se závěry z předešlé tabulky o srovnatelnosti obou metod. Výsledky jsou vzhledem k náhodné povaze příkladu pouze orientační a pro zcela objektivní závěry by bylo nutné provést simulace mnohokrát za sebou a vypočítat trend.

Zajímavé jsou zcela zcestné hodnoty (*outliers*), odporující fyzikální reprezentaci (jestliže neberu v úvahu, že simulace počítá s nekonečně dlouhým potrubím, jinak bychom museli započítat i odrazy signálů, etc.) příkladu a stanovující hodnotu úniku mimo souřadnicový systém řešené úlohy.

Únik (m)	Šum (dB)										
	80	60	40	20	10	0	-10	-20	-40	-60	-80
200	200	200	200	200	200	200	79	1154	1229	304	9
400	400	400	400	400	400	400	216	1193	574	897	1319
600	600	600	600	600	600	600	421	1146	964	1096	1261
800	800	800	800	800	800	800	1109	896	767	827	989
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	890	803	254	803	1141
1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1353	475	66	1229	314
1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1373	123	1129	1021	683

Table 2: Odhady polohy úniku média (v metrech) pro různé pozice úniku a různě zašuměný signál v časové doméně.

Únik (m)	Šum (dB)										
	80	60	40	20	10	0	-10	-20	-40	-60	-80
200	200	200	200	200	200	200	200	1386	-58	1276	885
400	400	400	400	400	400	400	400	271	1572	1245	575
600	600	600	600	600	600	600	600	1292	1516	1569	1077
800	800	800	800	800	800	800	800	1549	318	753	395
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1064	327	269	1076
1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	956	222	500	1158	1155
1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1068	799	789	-34

Table 3: Odhady polohy úniku média (v metrech) pro různé pozice úniku a různě zašuměný signál ve frekvenční doméně.

3 Závěr

V rámci semestrální práce byly implementovány 2 metody pro detekci úniku média z potrubí. První systém využíval výpočet korelace v časovém spektru, druhý ve spektru frekvenčním. Kvalitativně jsou si metody podobné, vykazující zásadní chybovost až při odstupě signálšum 0 dB v časové oblasti a -10 dB v oblasti frekvenční. Zásadní rozdíl je však v rychlosti obou metod. Z naměřených dat vyplývá, že rychlost výpočtu ve frekvenční oblasti je několikanásobná oproti výpočtu v časovém spektru. Tento výsledek však není nikterak překvapivý, vezmeme-li v úvahu simplifikaci matematických operací, které dosáhneme po převedení do frekvenční oblasti.