



2024「中技社科技獎學金」

2024CTCI Foundation Science and Technology Scholarship

研究獎學金 Research Scholarship

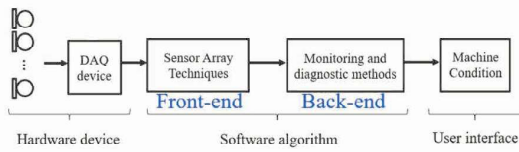


基於深度學習及感測器陣列訊號處理之機器狀態監控與診斷方法
Machine Condition Monitoring and Diagnostics using Deep Learning and Sensor Array
Signal Processing
國立清華大學 動力機械工程學系 博士班五年級 陳佑祥
指導教授 白明憲 教授

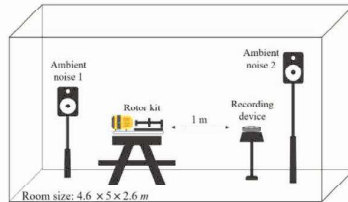
研究重點

本研究將深度神經網路和傳感器陣列信號處理兩大技術結合，並應用於機器狀態監測與診斷問題，進而提出基於深度神經網路的機器監測與診斷方法。監控系統建立在傳感器陣列的結構之上，並以深度神經網路來監控及診斷機器狀態。在傳感器陣列技術中，我們建構波束形成網路，並在其之後級聯一個U神經網路結構，此架構之訊號增強表現初步於語音分離應用中得到好的結果。此外，我們針對不同類型機器監測與診斷問題提出了深度神經網路的方法。在足夠多的正常和異常數據時，可以使用監督式異常聲音檢測方法檢視機器狀況。另一方面，在機器於早期建置時，異常數據難以被收集時。於此我們提出了一種基於自動編碼器的非監督式神經網路，並通過施加額外的深度聚類損失函數，提取了正常聲音的潛在特徵，以及資料重組的資料擴增方法，使異常數據能有效的幫助檢測網路的訓練效果。特徵曲線下的面積評估此對比式學習的框架，我們的方法與其他非監督式學習的神經網路方法相比有更好的結果。

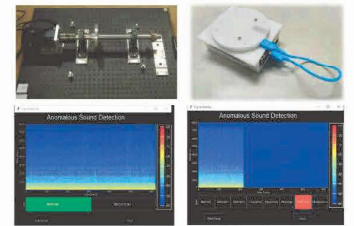
研究成果



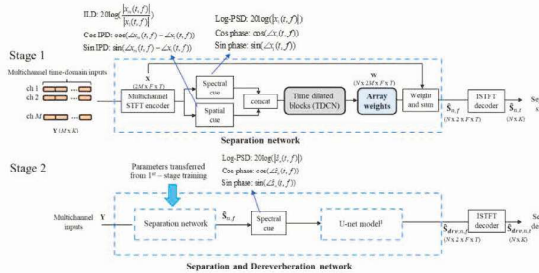
圖一、機器狀態監測與診斷系統架構。前端是由麥克風陣列提升待測物的聲音品質，再由後端的深度神經網路演算法監控與診斷機器狀態。



圖三、實驗架設由一組轉動機械、一個麥克風陣列式錄音裝置及兩個干擾聲源組成。



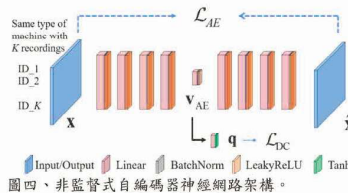
圖五、實驗之待測轉動機械(左上)、陣列式錄音裝置(右上)、非監督式二元檢測介面(左下)、監督式檢測介面(右下)。



圖二、端到端波束形成神經網路架構。此演算法可以增強錄製的聲音品質。

Model	ASI-SNR (dB)			APESQ			ASTOI		
	0.16 s	0.36 s	0.61 s	0.16 s	0.36 s	0.61 s	Avg.	0.9 s	
WPE + MPDR	0.00	4.16	5.69	6.25	-1.42	-1.33	-1.21	-1.10	0.09
WPE + TIKR	-0.41	2.44	3.26	3.10	-1.28	-1.14	-0.96	-0.83	0.11
WPE + IVA	3.88	4.86	5.18	4.88	0.81	0.80	0.70	0.51	0.17
Beams-TrackNet	7.37	7.68	7.59	7.42	0.25	0.10	-0.05	-0.10	0.06
BF-net + U-net + DM	12.33	13.78	15.02	14.98	1.10	0.90	0.70	0.59	0.22

表一、本研究所提的神經網路與其他方法之聲音品質評估比較表。

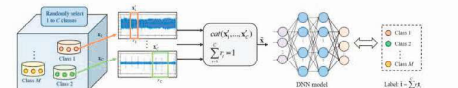


圖四、非監督式自動編碼器神經網路架構。

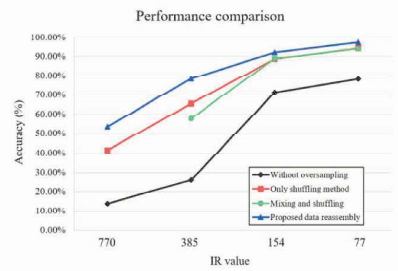
ID	AE		Outlier classifier		Contrastive framework		Proposed method	
	AUC	pAUC	AUC	pAUC	AUC	pAUC	AUC	pAUC
0	77.53	67.32	70.13	67.77	88.94	78.65	87.16	69.63
2	69.40	65.94	78.68	67.84	67.45	55.44	74.91	61.52
4	94.44	78.47	96.83	90.82	99.12	98.49	99.76	98.73
6	77.43	61.18	68.84	64.23	92.16	85.17	97.63	92.72
Avg.	79.70	68.27	78.62	72.66	86.99	79.28	93.86	80.90

ID	AE		Outlier classifier		Contrastive framework		Proposed method	
	AUC	pAUC	AUC	pAUC	AUC	pAUC	AUC	pAUC
0	67.31	53.89	99.93	99.85	97.42	89.52	100.00	100.00
2	65.96	49.63	99.96	99.78	88.99	73.62	98.79	93.89
4	74.68	52.73	99.99	99.05	99.36	99.33	99.99	99.94
6	58.69	48.40	78.96	71.06	93.08	82.19	94.44	84.27
Avg.	66.63	51.15	94.70	92.80	94.71	86.31	98.30	94.60

表二、幫浦與氣閥兩種機器之檢測結果與其他方法比較。



圖六、資料重組之資料擴增方法，增加少量蒐集的異常機聲音，用以增強監督式異常檢測的效果。



圖七、資料重組方法的檢測表現與其他方法之比較。

研究生活及心得

此次獲得中技社的研究獎學金，我感到無比榮幸，衷心感謝中技社對我的學術研究提供支持與肯定，也特別感謝我的指導老師白明憲教授的教誨，讓我在聲學陣列方法與智慧監測系統的領域中不斷進步，拓展了專業視野。中技社與各位評審的肯定，不僅是對我研究的鼓勵，更是推動我向前邁進的動力。未來我將持續探索深度神經網路與傳感器陣列技術的應用，將研究內容更進一步整合並提出完整系統，以提升國內智慧機械的異常聲音檢測技術，並期望能對工業應用的安全性與可靠性作出貢獻。