國立臺北大學電機工程學系
104學年度專題報告海報

Violin Education System with 9-axis IMU

指導老師：詹景裕老師、林伯星老師
組員：徐國維、彭伯銓

1. 前言

距離的測量可以運用在各種地方，例如行車距離的控制、物體軌跡的運算與計步器等應用。但是單純的距離測量已經在市場上飽和，並沒有太多的剩餘價值，所以我們使用IMU，結合軌跡測量與弦樂器，建立一個弦樂器學習系統， 讓人除了可以節省成本，也可以在任時間或地點 學習弦樂器。

2. 創作背景

2-1 弦樂器普及

在我們的日常生活中，弦樂器的存在已經深深的根植在我們的生活中，根據英國皇家音樂學院的研究表示，在2014年的5至17歲的這個年齡層的區間，除卻學校教育會學習的樂器，如:鋼琴、直笛等，已經高居在排行榜上的第二名，學習人數更高達12%，如下表一所示。

2-2 弦樂器教學費用昂貴

如表2所示，一般的弦樂器(以小提琴為例)每一堂課的學習費用都十分的高昂，學一項弦樂器的所花費的金錢是其他樂器的無數倍。

表 1： 2014 年 5 到 17 歲學生學習樂器統計

2014年 5到17歲學生學習樂器統計
KEYBOARD 30%
鋼琴 28%
直笛 28%
古典吉他 20%
鼓組 14%
電吉他 13%
小提琴 12%
打擊樂器 6%
BASS 5%

表 2：教學費用比價

音樂教室：	7-800 / 堂
家教 (一般教師)：	7-800 / 堂
家教 (名校老師)：	1200 up / 堂
家教 (國外留學)：	1200 up / 堂
家教 (樂團成員)：	1200 up / 堂

3. 硬體規格

- 3 acceleration channels,
- 3 angular rate channels,
- 3 magnetic field channels
- ±2/±4/±6/±8/±16 g linear acceleration full scale
- ±2/±4/±8/±12 gauss magnetic full scale
- ±245/±500/±2000 dps angular rate full scale
- 16-bit data output
- SPI / I2C serial interfaces
- Analog supply voltage 2.4 V to 3.6 V

圖 1：硬體元件

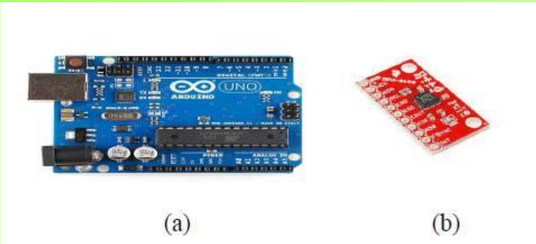
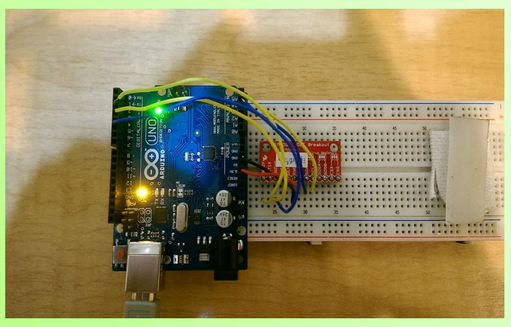


Fig-1: (a) Arduino Uno (b) 9DOF IMU

圖 2 :硬體



4. 演算法

Kalman filter

$$x_j = a x_{j-1} + b u_j \quad \textbf{Equation 1}$$

$$x_j = a x_{j-1} + b u_j + w_j \quad \textbf{Equation 2}$$

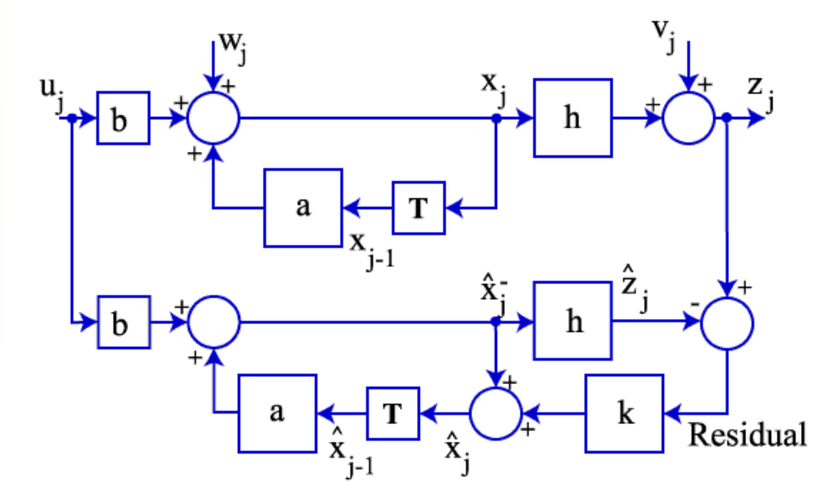
$$z_j = h x_j + v_j \quad \textbf{Equation 3}$$

$$\hat{x}_j^- = a \hat{x}_{j-1} + b u_j \quad \textbf{Equation 4}$$

$$\text{Residual} = z_j - \hat{z}_j = z_j - h \hat{x}_j^- \quad \textbf{Equation 5}$$

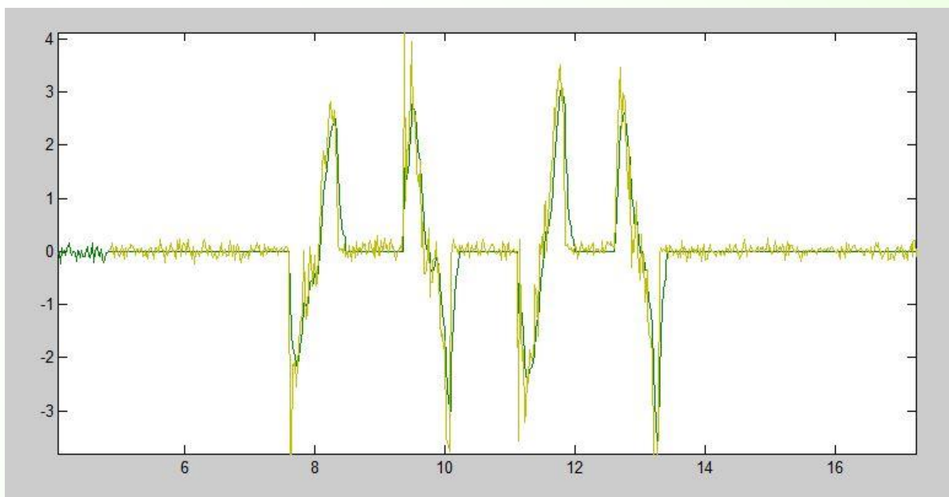
$$\hat{x}_j = \hat{x}_j^- + k(\text{Residual}) = \hat{x}_j^- + k(z_j - h \hat{x}_j^-) \quad \textbf{Equation 6}$$

圖3：
Kalman filter pictorially



Variable	Notation in this Document	More Common Notation
time variable	j	K
state	x_j	x(k)
system gains	a, b, h	a, b, h (note: b is often 0)
input	u_j	u(k) (note: often there is no input)
output	z_j	z(k)
gain	k_j	K_k

圖 4：
原訊號(黃色)與經過卡爾曼法之訊號(綠色)比較



5. 創意構想之補充

1. 透過將IMU安裝在弦樂器的弦弓上，拉動弦弓時將資料彙整傳輸至電腦的學習系統，讓我們能真正的不受時間與空間的束縛。
2. 由於IMU的低成本，本學習系統能極大的降低弦樂器的學習費用，讓絃樂器能更加普及化，再透過這樣的方式會饋到我們的系統。

6. 結論

1. 弦樂器學習者，因價格高昂而退步，故採用低成本的IMU配合程式來取代
2. 感測器的姿態測定將使用Gyro陀螺儀與Mag磁力計來共同測算
3. 在距離與軌跡的判定上，使用卡爾曼法來作修正
4. 透過數據庫的資料與自己拉的數據做對比，能真正的取代高昂的弦樂器學習，達到更好的學習效果