

神啊!請給我多一點時間地震防災分級控制多重警報系統

高中組第三名

縣市：高雄市
校 名：高雄工業職業學校

作 者：林益全、林仲信
王浚宇、洪銘福

指導教師：魏毓蘭



王浚宇，高職三年級，專長於自動控制及美工方面，具良好之機械空間概念，並對電腦的軟硬體極有興趣。希望於大學畢業之後朝電腦應用程式的開發，及電腦美工特效人員發展，以期對產業界有所貢獻。

洪銘福，高雄縣岡山鎮人，生於民國71年5月20日，家中排行老三，天生樂觀進取，目前就讀於高雄高工控制科，課餘時喜歡打球、看看新聞及電影等．．，很喜歡電機、電子等．．．相關知識與技能。

我叫林仲信，家住高雄縣橋頭鄉，目前就讀高雄高工控制科，平時喜歡逛書局、聽音樂、打球．．．等等，有時還會彈彈吉他、哼哼歌來消遣，而對電機電子、自動控制、汽車資訊．．．等等相關問題都很感興趣，很高興可以代表高雄市參加全國科學展覽，也很榮幸獲得了諸多的獎項，感謝所有參與協助及指導老師，你們辛苦了！

我的姓名是林益全，目前就讀高雄高工控制科，居住於高雄縣。熱愛音樂、電影、電腦．．．等，對各方面的興趣很廣泛，較為專長的有「演說」、「唱歌」、「工業配線」．．．等。日後於社會上，當好好發揮自己的才能，以造福人群，增進社會福祉。

關鍵詞：多重感測器

一、研究動機

發生於去年深夜的921大地震中，由於許多人仍在熟睡中來不及逃生，而被奪去寶貴的生命，造成極為嚴重的傷亡慘況。如今，無數的家庭因親人的永別而悲傷痛苦，尚待心理復健。更有許多的孩子從此失去了父母的照顧，處境堪憐，使我們深刻的體會到"地震警報系統"在危難時的重要性。

於是興起了我們研究"地震警報系統"的動機，因此，便開始構思並進行有關地震防災警報系統的相關研究，期望能製作一個具有多重警報，並且能分級控制的系統。當緊急災難發生時，能及時提供適當的警告，並引導如何安全逃生，以搶救更多的生命。衷心的盼望能因地震警報系統的設置，將災難的傷害程度降低，以減少悲劇的發生。

二、研究目的

- (一)設計能對於不同地震強度產生分級控制能力的系統。
- (二)針對不同震動強度，設計多元化及人性化的逃生警報功能。

三、研究器材

(一)儀器設備:

- | | |
|---------------|----|
| 1.直流電源供應器 | 3台 |
| 2.鑽孔機 | 1台 |
| 3.可程式控制器(PLC) | 1台 |
| 4.感測器實驗裝置 | 1組 |

(二)使用工具:

- | | |
|-----------|----|
| 1.定溫控制電烙鐵 | 3組 |
| 2.麵包板 | 3塊 |

3.噴燈 一支

(三)使用材料

1.AC指示燈	7個(白燈*1，紅燈及綠燈各三只)
2.2P NFB	1只
3.D-Fuse	2只
4.110V蜂鳴器	1個
5.電源變壓器	1個
6.音箱	1對
7.電子電路元件	1批
8.極限開關	4個
9.鉛錘	3個
10.PVC管	3個

四、研究過程

(一)分級式地震感測器之設計及製作

由於以往地震資料不多，首先於校內及各大圖書館搜集有關的書籍及報告，但發現資料不甚充裕。因此，再上網至許多網站查詢有關地震防災之相關資料。

就感測器部分，目前搜集到市售感測器元件(如圖一)，但其構造太為靈敏，且只有單一震度功能，並且經常出現因輕微震動便誤動作的現象。



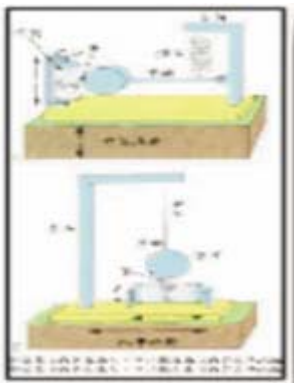
(圖一) 市售地震感測器

因此，我們便想嘗試自製一個可分級控制的感測器，首先想到去找有關地震儀結構的資料，經由電腦上網查詢時，看到最早的地震儀是由後漢張衡發明的"候風地動儀"(如圖二)，雖然它只能測出地震動的方向，無法紀錄震動過程，但也難能可貴。



(圖二) 候風地動儀

後來又看到現代地震儀(如圖三)的基本原理係利用一懸掛物體之慣性， 在地震時，地震儀中的重錘由於慣性與地動有相對運動關係，再根據單 擺原理推算出地震動之大小。



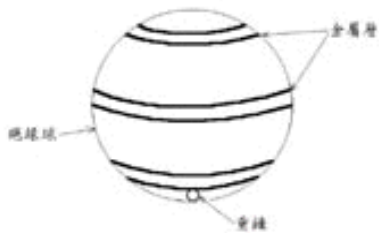
(圖三) 現代地震儀

但我們的目的不在記錄，而在製作具有開關功能的感測器，於是便想在重錘周圍放置不同直徑大小的彈簧(如圖四)，試圖在震動時重錘之運動，因為接觸彈簧形成導通，以輸出不同信號。然而彈簧穩定性不夠，且固定不易。



(圖四) 重錘彈簧地震感測器

因此，我們一度想以一圓球體內貼三層的金屬貼條，內置一金屬圓球(如圖五)，當震度越大時，重錘滾動越高，便可使達到該層震級的金屬兩端導通，而輸出適當信號。但因圓球切口不好銜接，且內部導電條不易控制，重錘滾動時，怕接觸信號不穩定而作罷。



(圖五) 金屬圓球感測器

於是想到可將原始單擺模型外圍之彈簧改為圓柱狀之金屬固定物，但若直接使用金屬管，因為三支鐵筒重量不輕，怕引起壓克力建物模型之承受問題。因此，最後討論結果，改以不同口徑之PVC管，外繞裸銅線，上蓋一絕緣蓋，蓋上鑽一細孔懸掛重錘，並由蓋上支撐之  絞線作為對外輸出引線，再由圓柱筒底端引出另一引線，便可達成分級控制之震動感測器。(如圖六照片所示)



(圖六) 自製地震感測器

(二)多重警報器控制項目之規劃

在設計好感測器模型後，開始討論當不同強度的地震發生時，應具有那些警示功能及安全措施？

本設計以大樓建築為基本考量，劃分為強、中、弱三種等級控制，同時為考慮身體狀況不佳、年紀較大或嬰兒……等，怕因受到驚嚇而發生意外，故當弱震來臨時，我們規劃先以較輕柔的音樂及警示燈來提醒及警告有弱震發生，宜有所警覺。

當中震發生時，除讓較強烈之蜂鳴器鳴響，及中震警告用閃光燈動作外，並強迫電梯停止於最接近的樓層，並打開電梯門以便於電梯內人員逃生。此外為避免因建物門框變形阻礙逃生，並立即打開電子鎖。同時，為防止瓦斯外洩引起火災，並關斷瓦斯設備，且啟動緊急照明燈，以方便住戶由安全門逃生。

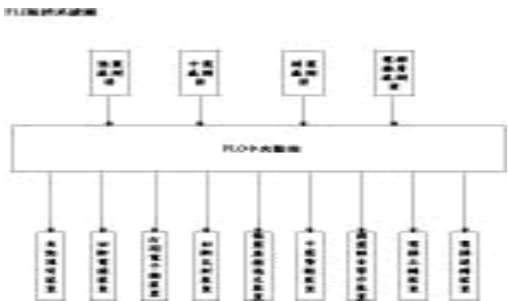
最後當發生緊急強震時，除自動照明燈亮，打開電子鎖，強迫電梯停止於最近樓層，並關閉瓦斯設備外，並啟動高響度蜂鳴器，令其發出5秒警報聲後，啟動"自動語音廣播系統"，廣播安全逃生及疏散之要領。因強震發生時，緊急逃生刻不容緩，若等待人工廣播提示，恐為時已晚，釀成傷害。故設計自動語音播報系統，希望分秒必爭，發揮即時緊急救援的功能。除警示強震發生需緊急逃生外，並給與逃生安全指導，以避免因逃生時發生其他意外而造成遺憾。

(三)控制方式設計

在討論時想到數位電子學中教過"優先編碼器"，或許可解決這個問題。因此便將三組地震感測器之模型，先送至"優先編碼器"再經過"解碼器"輸出穩定信號來驅動各電路，終於克服了同時動作的問題。再利用PLC之程式設計，控制負載使各組依情況動作。由於驅動中有直流電路及交流負載，故須做不同電源之規劃設計。

(四)控制中心PLC與周邊硬體裝置及軟體控制流程之規劃

PLC與周邊裝置硬體監控系統圖。如（圖七）所示。



五、實驗結果

(一)自製感測器模型之特性相關資料

(表一) 各級感測模型特性表

	重鎚 質量	懸掛 長度	頂蓋 直徑	碰撞距 離	圓柱 直徑	重鎚 直徑	圓柱 高度
弱震	5.33g	30mm	30mm	5.5mm	22mm	11mm	65mm
中震	5.33g	30mm	33mm	7.5mm	26mm	11mm	65mm
強震	5.33g	30mm	41mm	11.5mm	34mm	11mm	65mm

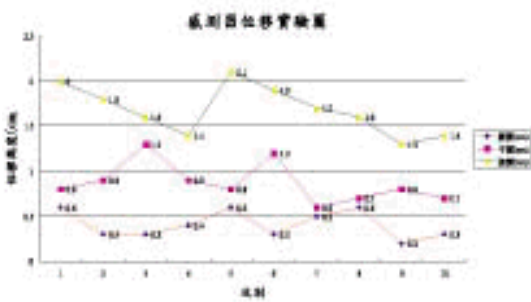
(二)多次外力人工地震之感測器導通位移分析

實驗測時，分別以強、中、弱作用於自製之三級地震感測器上，經多次測試，並整理資料如表二所示。而依據表二之實驗數據可知在弱震時，其位移平均量為0.41cm，而中震之位移平均量為0.87cm、強震之位移平均量為1.68cm。

(表二) 多次外力人工地震之感測器導通位移量

單位(cm)										
震度	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次
弱震	0.6	0.3	0.3	0.4	0.6	0.3	0.5	0.6	0.2	0.3
中震	0.8	0.9	1.3	0.9	0.8	1.2	0.6	0.7	0.8	0.7
強震	2	1.8	1.6	1.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.4

由以上十次之實驗數值，我們更可了解強、中、弱三級地震之位移特性曲線變化，如（圖八）所示。



(圖八) 強、中、弱三級地震之位移特性曲線

六、討論

當開始進行地震研究時，首先遇到的困難便是地震振動測量的問題，查閱許多書籍、期刊及論文，發現地震儀依其測量方式的不同，又分為"位移地震儀"、"速度地震儀"、"加速度地震儀"等，為測量構造物在地震時的震動，有時還得測地震引起之結構應變及構造物殘留位移，故也有使用到"動力應變計"，如"加藤型動力應變計"[8]。

由於這些都是高級而精密的儀器，非我們能力及經費所及。因此，經過多次討論後，在感測器原型的製作上，決定採用"位移型"的感測理論，來完成地震感測器之設計。

當我們至各網站查詢的地震資料中，了解所謂地震本身的大小，即"地震規模(earthquake magnitude)"。另一為地震動的大小(intensity of earth quake motion)。

而地震本身的大小，係利用地震規模來描述，地震動之強弱則以震度階級(簡稱為"震度"intensity scale)表示。

地震規模與震度雖然有著不同意義，但關係卻非常密切。通常地震規模愈大，則在同一震央距離的地方其震度愈大。

在一般地震中規模中：

<3：微小地震。

3 5：小地震。

5~7：中地震(以上須注意)。

≥7：大地震。

(一)震度與加速度的關係：

中央氣象局現在採用的震度階級與加速度的關係如下：

$\log \text{汐}I=I / 2-0.6$

根據上式，若震度相差一級，則加速度增減三倍；震度相差兩級時，加速度增減約十倍。烈震(震度為六級)的加速度約為微震(震度為一級)的300倍。

(二)地震之理論

1.在地震感測系統中，依據牛頓第二定律：

$F= m a$ -----(1)

其中F：施力

m：質量

a：加速度

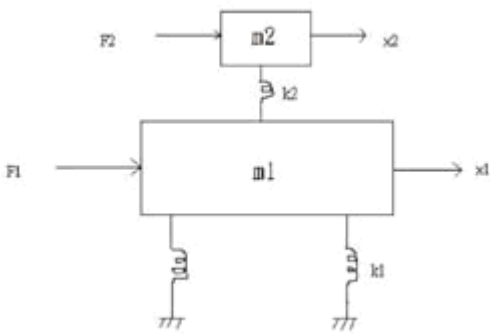
2.由於本系統為建物模型，底部安裝彈簧用以模擬地震，故系統運動方程式應修正為：

$F= m a + kx$ -----(2)

其中ma：為假想力。

kx：為加入彈簧後之彈簧施力。

3.本系統之模型簡化等效圖如（圖九）所示。



(圖九) 模型簡化等效圖

上圖之 m1：為模型建物之質量。

m2：為感測器單擺質量。

k1：底座彈簧常數。

k2：感測器彈簧常數。

F2：等於0，因感測器在地震時沒有外力影響。

由於為x1與x2二個自由度問題，故系統之運動方程式為：

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$
-----(3)

因為本系統之數學模型及理論分析，非我們能力所及，故經討論後，決至大學院校請教地震工程研究所教授，以尋求專業的指導，以使本系統之設計更符合學術與實用價值。

(三)在模型大樓之設計上

我們討論以矩形結構長寬比1：1之構造為模型來設計，為求與實際建物有相對的比例及配展示場的需要，故決定以1/30為比例將建物縮小化來建構模型大樓。

1.假設以樓高3m之建物為例，經1/30縮小後，模型樓高應為10cm。

- 2.設以長寬比為1:1之矩形建物設計模型，其長寬皆以30cm設計，經比例放大後，對應之實際建物為長寬皆為9m之建築物。
- 3.一般鋼筋混凝土之建築物，其典型重量計算方式為:底面積每1平方公尺對應一公噸重量，而模型大樓底面積經比例放大後為81平方公尺，故相當為一81公噸重量之鋼筋混凝土之建築物。
- 4.並由研究資料中，瞭解地震儀合理之裝置位置(左端柱、右端柱、角端柱及較長邊之中間柱)，以左端或右端較為適當，且不論建築物之長寬之比，其差異不大，又其中以右端最為理想。因此，將感測器放置於模型大樓之右端位置。
- 5.表（三）所示，為矩形平面之樓層之位移。[5]

（表三）矩形平面之樓層位移

長寬比	樓層	實際位移反應 (cm)
1：1	屋頂	8.512
	五	7.657
	四	6.121
	三	3.961
	二	1.553

- 6.由於我們的模型大樓受參展作品高度限制，不能製作太高，並且模型為建築之縮小化，故位移也做適當調整，以符合實際之狀況。
- 7.在感測器之安裝位置方面，若感測器放置於地表，雖可探測到地面震波的強度，但由於造成建物毀損之主要原因係建物之本身結構，且因地表震度與屋頂震度有所差異，基於安全之考量，感測器仍應裝設於建物內為宜。
- 8.由於引起地震災害之主因為（X-Y）平面方向，故感測器之設置以考慮水平方向為主。
- 9.經完成後之成品圖，如（圖十）所示。



（圖十） 成品圖

七、結論

在面對隨時可能發生的地震壓力之下，確實需要一個多功能的警報逃生系統。雖然此成品稍嫌龐大，但若能將它以商業模組化及工廠專業之方式製作，我們相信它具有相當的實用性。

謹衷心期望未來真有商業產品，能於地震時挽救更多的生命，以造福人群。

八、誌謝

感謝本校孫校長之鼎力支持及給予作品指導，以及此次爲了我們參加科展之事，不辭辛勞幫助我們的師長及成大建築系張嘉祥教授與地震工程研究所內各位先進之熱誠協助。由衷感謝凡幫助我們的各機關部門和朋友們，若少了任何一位，這次的作品，就不會順利完成。

再來感謝指導老師熱心的指導，和本次科展成員，提供寶貴的知識、參與、合作，進而解決各個難題，在此向各位師長獻上最大的敬意。

九、參考資料

(一)AX2程式書寫操作手冊/士林電機廠股份有限公司

- (二)主機安裝、程式編寫A(E)XZ，FX2C合併版使用手冊/士林電機廠股份有限公司
- (三)數位電子學(一)/蕭柱惠著編著/科友圖書股份有限公司
- (四)控制實習(二)/朱阿水編著/全華科技圖書股份有限公司
- (五)地震策測報中心技術報告彙編(第四~二卷)/中央氣象局 P24、25、75
- (六)電子學(三)/陳清良編著/龍展圖書公司
- (七)地震防災手冊
- (八) "地震工程學"/國立臺灣大學工學院地震工程研究中心編譯/科技圖書公司出版

評語

在這項作品中，作者參考現有的震動感測器，設計了可以分辨不同震動強度的一組地震感測器，依地震強度之不同，分級產生警報聲響及控制供電開關、瓦斯、電梯、門鎖、照明等信號，讓住戶可爭取更多逃生的時間。這個設計提供一個防災的實務觀念，具實用性，是相當好的一個作品。

回到目錄頁../Index.htm