

# 國立交通大學

工學院聲音與音樂創意科技碩士學位學程



iPad 控制介面之多聲道混音系統建構

iPad-Controlled Multi-Channel Mixing System

研 究 生：吳思賢

指 導 教 授：曾毓忠 博士

中 華 民 國 一 百 零 二 年 四 月

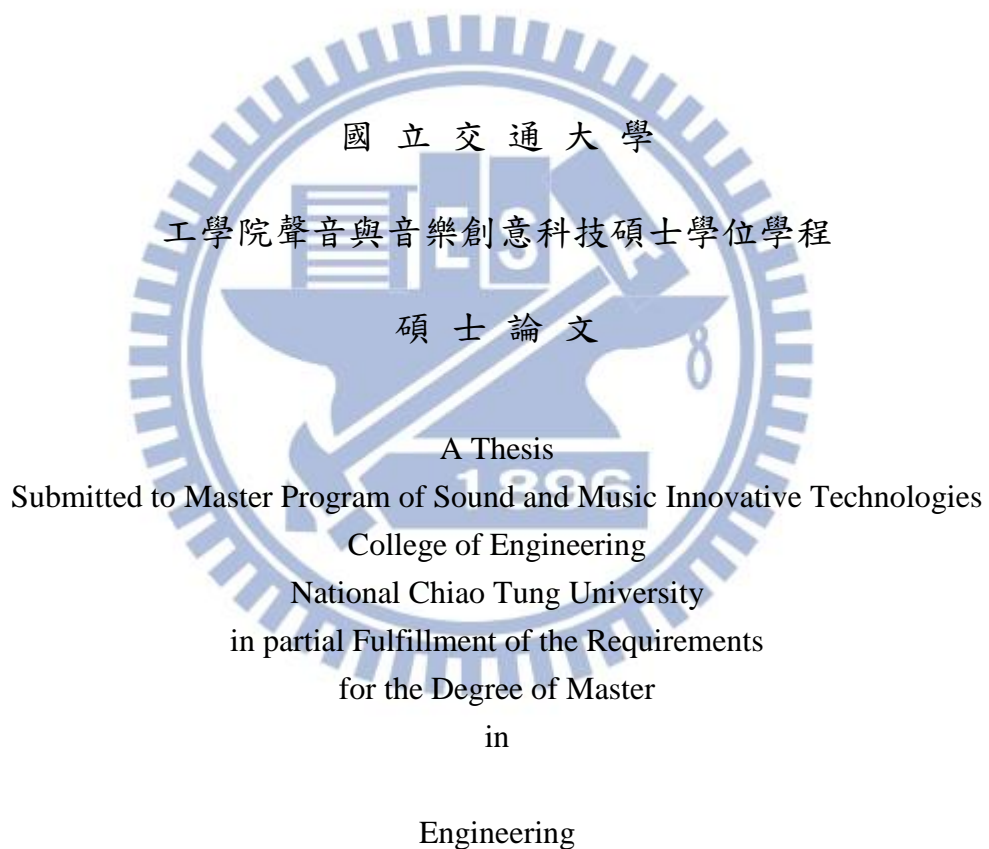
iPad 控制介面之多聲道混音系統建構  
iPad-Controlled Multi-Channel Mixing System

研究生：吳思賢

Student : Si-Xiang Wu

指導教授：曾毓忠

Advisor : Yu-Chung Tseng



April 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零二年四月

# iPad 控制介面之多聲道混音系統建構

學生：吳思賢

指導教授：曾毓忠

國立交通大學聲音與音樂創意科技碩士學位學程

## 摘要

本論文以一全新的混音系統，即時地控制多聲道系統的混音及路徑，此混音系統主要包含了 iOS 手持裝置、RME 音訊介面以及個人電腦系統三大項目，來完成所有音訊輸入及輸出路徑的各種配置；在此使用的 iOS 手持裝置為 iPad，利用 app 打造一多點觸控之控制介面，以有線或無線的方式來連結位於 RME 音訊介面之中的 DSP 音訊處理晶片；此 iPad 控制介面包含了多種模式的音量推桿、不同的混音配置頁面以及多聲道空間之即時調配介面，讓使用者可以透過此控制介面，來完成各種任意輸出／輸入配置的混音。

本論文選用 iPad 作為介面開發平台，因其擁有重量輕、好攜帶、多點觸控以及無線網路連接能力等多項優勢，使得此控制介面非常適合用於現場 PA 系統、錄音室混音、多聲道即時混音的控制。

論文第一章為研究動機與系統概念。第二章為混音系統之探討。第三章為系統的架構以及組成元件。第四章為介面設計與應用。第五章為結論，總結成果和未來改進的方向。

關鍵字：多聲道混音、音訊介面、iPad、iOS、控制介面

# iPad-Controlled Multi-Channel Mixing System

Student : Si-Xiang Wu

Advisor : Yu-Chung Tseng

Master Program of Sound and Music Innovative Technologies

National Chiao Tung University

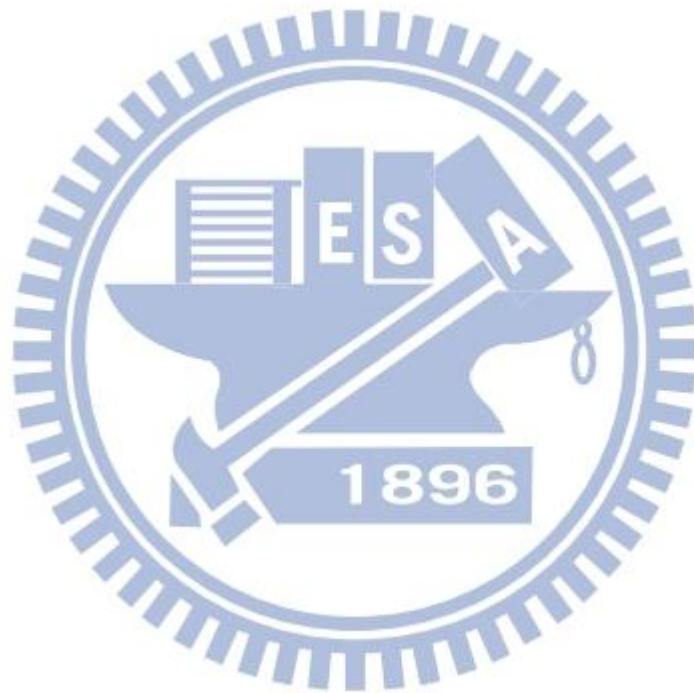
## ABSTRACT

This paper is to introduce a new way to control the mixing and routing of multi-channel audio in real time. iOS devices, RME audio interface and an optional computer are integrated to construct a control system in-between audio inputs and outputs. An iOS app on iPad, the main part of this system, serves as a user interface to control the signal route inside the RME audio device. The app contains various faders, multi mix tabs and multi-channel panel above which users are enabled to control mix of any numbers of inputs to any numbers of outputs. The great advantages of iPad, including lightweight, portable, multi-touch, Wi-Fi capable, make this system very suitable for live sound reinforcing, studio bouncing and multi-channel mixing.

Key words: Multi-Channel Mixing, iPad, Audio Interface, iOS, Control Interface

## 誌謝

感謝曾毓忠老師這四年來的指導，讓我在無數的國際研討會、音樂會、工作坊、CLOrk 數位樂團中，不斷的學習與成長，吸收了許多關於電子音樂、音訊科技的知識，使我的見識與經歷跟四年前比起來，真的是有如天壤之別。感謝聲音與音樂創意科技學程所有老師、以及助理何小姐，因為有你們，才会有如此良好的研究學習環境與品質。感謝所有同學、學長姊、學弟妹，在許多艱深的學業與課程中，共同度過、互相勉勵，也因此有了成長與收穫。感謝我在高雄的家人與教會朋友的支持與鼓勵。感謝新竹玩樂生活音響公司，讓我有機會在業界中學習。

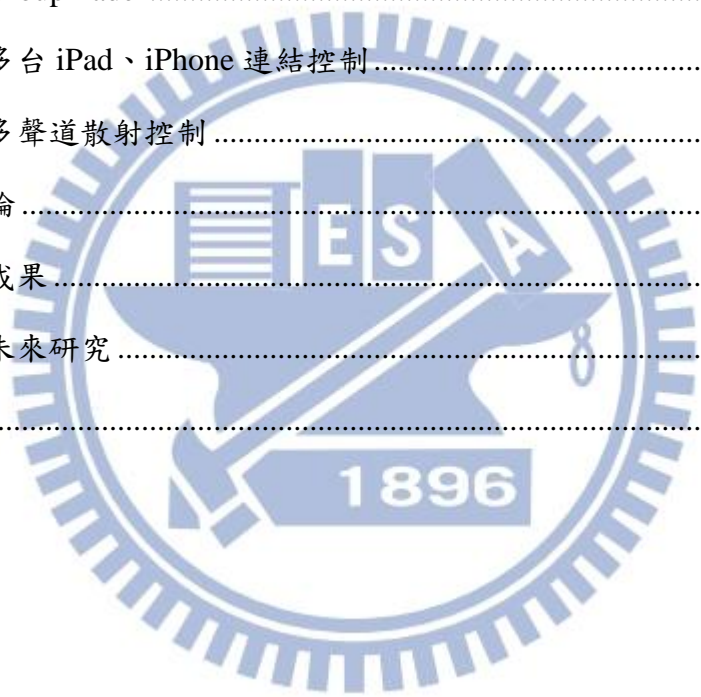


# 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
圖目錄 .....	VI
一、 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 系統概念 .....	2
二、 混音系統 .....	4
2.1 iPad 結合商業化數位混音器 .....	4
2.2 以 iPad 為主體之商業混音器 .....	5
2.3 結合電腦、錄音介面及其他控制器之完整混音系統 .....	7
2.3.1 RML Labs - Software Audio Console (SAC) .....	7
2.3.2 CCRMA - Openmixer .....	9
三、 系統架構與元件 .....	11
3.1 需求 .....	11
3.2 系統架構 .....	12
3.3 硬體 .....	13
3.3.1 RME 音訊介面 .....	13
3.3.2 電腦 .....	14
3.3.3 iPad .....	15
3.3.4 輸入／輸出裝置 .....	16
3.4 軟體 .....	17



3.4.1	Totalmix .....	17
3.4.2	MIDI 與 OSC .....	18
3.4.3	iOS app .....	19
四、	介面設計與應用 .....	20
4.1	混音控制介面 .....	20
4.2	AUX .....	21
4.3	EQ.....	23
4.4	Group Fader.....	23
4.5	多台 iPad、iPhone 連結控制 .....	24
4.6	多聲道散射控制 .....	25
五、	結論 .....	27
5.1	成果 .....	27
5.2	未來研究 .....	27
參考文獻	.....	29



## 圖目錄

圖 1 Yamaha StageMix (取自 YAMAHA 官網).....	4
圖 2 Mackie DL806 (取自 mackie 官網).....	5
圖 3 SAC 系統範例 (取自 SAC 官網).....	8
圖 4 系統架構.....	12
圖 5 系統連接範例.....	12
圖 6 RME FireFace UFX (取自 RME 官網).....	13
圖 7 傳輸距離達 100 米之 ADAT 網路線轉換器 (取自 Appsys).....	17
圖 8 Totalmix Fx.....	18
圖 9 Lemur 介面範例 (取自 Liine).....	19
圖 10 控制介面全覽.....	20
圖 11 AUX 旋鈕.....	21
圖 12 麥克風與監聽連接範例 (取自 The Sound Reinforcement Handbook).....	21
圖 13 AUX 旋鈕組.....	22
圖 14 EQ 介面.....	23
圖 15 Group fader 設計.....	24
圖 16 監聽控制選單.....	24
圖 17 實際連接外部 AUX 控制範例.....	25
圖 18 多聲道散射控制頁面.....	25
圖 19 多聲道聲響空間實驗室喇叭配置.....	26



# 一、緒論

## 1.1 研究動機

混音系統，包括類比混音器（Analog Mixer）、數位混音器（Digital Mixer）、數位音訊工作站軟體（DAW）一般都是被設計用來混合多軌音訊的輸入，然後以單聲道（mono）或是雙聲道（stereo）的形式輸出音訊；因此，配備多軌輸入，輸出卻只有雙聲道兩軌輸出的混音器是很常見的；對普通情況而言，使用這類混音器就足以應付各種混音需求場合，但如果碰上須同時操作多重混音輸出的場合時，就開始顯得不敷使用；縱使混音器上會有輔助輸出（Aux/ Auxiliary send）以及群組／通道輸出（GROUP/ BUS）的設計，然而如此一來，當混音器的軌數一多時，系統會變得難以操作，混音器的體積也會隨之變大，整體造價也會變得昂貴。

首先，操作複雜度會上升；以類比混音器為例，在混音器上的推桿都是為了混合輸入音軌的音量到主要的立體聲道輸出而設計的，也就是說，一台類比混音器上只會存在一組混音推桿；如果想操作輸入音軌到 AUX 通道，只有旋鈕式的調節鈕可以使用；至於 GROUP/ BUS，則無法再調節出另一與主立體聲不同的混音，因為 GROUP/ BUS 的輸入音軌是使用與主立體聲混音一樣的推桿。所以在 AUX 及 GROUP 的操作上就會出現許多限制。在數位混音器上，操作情況會有所改善，因為通常數位混音器配備有馬達驅動推桿（motorized fader），AUX 及 GROUP 的混音會使用多頁面（multi-layer）來實現，所以就調節單一 AUX 及 GROUP 的混音上，會比類比混音器來得容易及直觀；但也由於多頁面的設計，使得使用者在使用上必須一層一層按入，在現場需要即時調節多種混音的情況下，操作步驟變得很繁瑣，並且難以即時反應；類比混音器在此種情況下，反而擁有較快及直觀的反應。此外，不論是類比還是數位混音器，兩者的操作方式對於環繞音效設計、以及多聲道輸出（4、5.1、7.1、16、32）而言，都是相當不利的。

再者，當混音系統的輸出通道越來越多的時候（AUX 或 GROUP 的組數增加），其售價會跟著越來越昂貴，混音器的大小以及整個系統的體積也會隨之遽增；所產生的結果是架設、搬運的成本都會因此提高。

在現今，「音訊介面」這項產品開始變得越來越熱門；音訊介面被設計用來轉換類比信號至數位信號到電腦上；或是轉換電腦內的數位信號至類比信號。音訊介面搭配 DAW 一起使用時，可以在電腦上錄製以及處理輸入之信號，並播放至介面之輸出聲道。直到最近幾年，製造商開始會在音訊介面內加入信號處理晶片（DSP chip），有了信號處理晶片，使用者可以利用製造商開發的控制軟體，直接控制錄音介面上的輸入及輸出混音，就像真正在控制實體的混音系統一樣。也因為混音是直接控制 DSP 內之參數來達成，路徑不會經過電腦上的作業系統，所以不會有音訊延遲的問題（會存在一點極微小、可忽略的 DSP 處理延遲時間）；這使得錄音介面非常適合在 Live 即時的环境下操作，更棒的是，有些錄音介面甚至可以獨立於電腦之外運作；在硬體設計上，跟一般的實體混音系統不一樣，錄音介面通常會有相等數量的輸入及輸出聲道，舉例來說，4 in/4 out、8 in/8 out 或是更多；除了數量上的差異之外，更可以在每個輸出通道上做不同的混音控制。

總合以上特性，錄音介面似乎很適合做為一般實體混音系統的替代品，然而，實際上應用時，因缺少了實體控制介面，使得即時操控變成一個大問題；原因是大多數的錄音介面尺寸只有 1U 機櫃或甚至更小，所以大部份的錄音介面都不會有推桿在上面，除了能用電腦上的軟體控制之外，只剩下幾個在機身上的旋鈕可以操作。

## 1.2 系統概念

市面上存在著一些音訊介面，可以接收外部 MIDI 控制器訊號來控制錄音介面的 DSP 參數，他們所使用的 MIDI 格式通常是「Mackie Control」或是標準 MIDI 格式；Mackie Control 被廣泛地使用在許多 DAW 或是 MIDI 相容裝置上，使用 Mackie Control 的控制器擁有許多特點，像是馬達驅動推桿、文字訊息呈現、在軟體內自動對應音軌的推桿等等；不過此篇論文不使用此 MIDI 格式來作為系統的通訊格式，理由是 Mackie Control 的操控方式與數位混音器極為類似，也就是說，在數位混音器上遇到的混音問題在 Mackie Control 上也會遭遇；另一理由是，它有著同時間最多只能控制八軌的限制，並且此八軌也不能自由配置，使得同時間多種輸出混音變為困難的工作。因此，本篇論文採用標準 MIDI 格式與 OSC 控制協定，在 iPad 上建造一個可高度自定義、具有彈性的控制介面。

目前，iPad 是全世界最熱銷的平板電腦，不只是因為它優異的硬體設計，真正使 iPad 受歡迎的原因是來自它的 iOS 作業系統以及 app 商店；app 商店機制提供了軟體開發者一個方便的平台，使其軟體可以上架在商店上；對於使用者來說，從 app 商店購買以及下載軟體到他們的 iOS 裝置上也是非常便利的。要開發 iOS 的 app 軟體，蘋果提供了一套 iOS 的軟體開發工具「Xcode」，在 Xcode 中，每當 iOS 版本升級時，最新的 iOS SDK 以及 framework 也會同步更新，藉此讓軟體開發者能使用這些 iOS 的新功能來開發他們的程式。

本篇論文的初始概念，來自於一次重大的 iOS 更新，也就是在 iOS 版本 4.2 之後，加入了 CoreMIDI 這個 framework，這開啓了 iPad 進入音樂應用領域的大門，自此之後 iPad 可以很方便的透過無線的方式與其它裝置傳輸 MIDI 訊號，並且可以連接 class-compliant 的 USB to MIDI 裝置，讓 iPad 成為一個行動 MIDI 裝置。

總結來說，本篇論文的系統架構為使用 iPad 上所打造的音訊路徑控制介面，來控制以 DSP 為基礎的音訊介面，以建造一個多聲道的混音控制系統。





## 二、 混音系統

### 2.1 iPad 結合商業化數位混音器

為改善數位混音器在操作上的缺點，目前已有一些商業化混音器廠商推出結合 iDevice 控制之產品，這些產品提供使用者可以在 iPad、iPhone 上控制混音器上的功能，如 fader、input gain、AUX、pan、EQ 等等；多了這項功能，使得原本在數位混音器的複雜操作，得以分散一部分在 iDevice 上，iDevice 的觸控介面，也改善了原本在數位混音器上偏少按鍵的操作不便；加上 iDevice 之無線特性，使得操作範圍較為廣闊，可以在舞台上或是觀眾區的任何地方操作混音；總體來說，加入了 iDevice 功能之數位混音器，的確比原本之混音器使用上更加方便、有彈性。

然而，由於只是擴充原本數位混音器上面的操作，整體混音系統功能並沒有因此而擴充，如仍較適合雙聲道混音場合使用；若有多聲道輸出混音需求，因廠商設計的 iDevice 控制介面是固定的，使用者無法更改較為適合他們應用的介面，所以使用上的彈性仍然不足。

在硬體方面，數位混音器的造價通常較為昂貴，且體積較不易攜帶，系統自定性也不大，無法依照實際需求來做預算的最佳化；例如一台動輒至少十六軌麥克風輸入的數位混音器，在輸入軌數需求不多的情況下，就顯得大材小用。在擴充性方面，也受機器本身擴充設計的限制，這些限制讓使用者在器材的選擇上，為顧及日後延伸使用的可能，一開始就必須選購擴充性較大的機種，而付出更多的成本。

以下為 iPad 結合之商業化數位混音器

- Yamaha StageMix on CL series, LS9, M7CL
- PreSonus QMix on StudioLive 16.4.2, StudioLive 24.4.2, StudioLive 16.0.2
- ALLEN & HEATH GLD Remote on GLD-80



StageMix

圖 1 Yamaha StageMix (取自 YAMAHA 官網)

## 2.2 以 iPad 為主體之商業混音器

大約在 iPad 問世的一年之後，商業化混音器廠商除了推出結合了 iPad 控制的數位混音器之外，更有較為勇於創新的廠商，大膽地將 iPad 做為混音器的主體，讓所有混音器功能都在 iPad 上面操作；受惠於 iPad 大面積的多點觸控面板，以 iPad 為主體的混音器比起傳統的數位混音器，操作介面更為多元及方便，更不用說 iPad 無線傳輸帶來的好處；除了操作性之外，由於混音器可與 iPad 作實體的连接，所以可以利用 iPad 內的 app 來多軌錄音，使得用途更為廣泛及便利。

廠商在推出像這類創新的產品時，由於市場的接受程度仍然是未知的，所以目前只看到較為低階的產品，價格比一般數位混音器還要低廉，但用途範圍較為狹隘，擴充性也不足；另一方面，把所有混音器控制介面都做在 iPad 上，也會導致使用者必須付出額外的購買成本，購買 iPad 後才能夠使用該產品。

以下為以 iPad 為主體之商業混音器

- Mackie DL series
- Line 6 M20d



圖 2 Mackie DL806 (取自 mackie 官網)

無論是 iPad 結合商業化數位混音器，或是以 iPad 為主體之商業混音器，這兩者雖然都有了更好的操作便利性，可以帶著 iPad 在舞台區、觀眾區任何地方操作混音器，但這些混音器的設計概念還是一樣，沒有因為多了創新的介面而有所突破，如軌數較多或是擴充性較佳之混音器，價格都會迅速往上翻漲，體積也跟著變大許多；再者，縱使控制介面變得可以無線操控，混音器本體的設置地點依然會受限。

在實務上，混音器擺置的地點通常會是在 FOH (Front of House) 的位置，以供現場混音師在節目進行間能調整混音；這是非常理想的位置：混音師可以正確聽到喇叭的聲音，也就是跟觀眾聽到的一樣，同時也能看得清楚舞台上的動靜；但這也意味著所有的線路，無論是從舞台而來的輸入，或是送到舞台監聽、外場喇叭的輸出，都必須集中在 FOH 這台混音器上面；先不考量線路的複雜度，以有些較大的場地來說，從舞台到 FOH 的距離會有三、四十公尺之遠，在多軌訊號線內 (Snake Cable) 的訊號恐怕會有衰減之虞，加上訊號線各軌之間可能會發生的串音 (CrossTalk) 現象，使得要維持良好的訊號品質是一件困難的工作。

要解決此種問題，廠商通常搭配高階的混音器，推出了具有數位轉換能力、麥克風前級的多軌訊號線 (Digital Snake)，讓訊號在舞台端轉成數位信號，並利用適合遠距傳輸的數位介面，將訊號送到 FOH 之混音器，確保訊號品質的同時也降低了接線的複雜度；即便如此，此一理想的解決方案所要付出的成本代價卻是很高的，除了數位多軌訊號線價錢昂貴之外，還要再加上高階的混音器才能夠與其搭配使用；且雖然 AES (Audio Engineering Society) 有訂定數位訊號線的標準協定，然而有些廠商還是使用自己的數位協定或接頭，使得不同廠商之間的产品不能互相相容。

另一種解決辦法，則是移動混音器至離舞台較近的位置，如側台或後台，此一方法常見於監聽混音器 (Monitor Mixer) 使用；以往監聽混音器只專注於舞台側監聽混音的調整，所以一定會另外再搭配一台主混音器放在 FOH；現在可以利用 iPad 結合之混音器，將主混音器放在側台，由於 iPad 是可以移動的，所以可以很輕易地將 iPad 帶到 FOH 的位置做混音；然而在目前 iPad 結合混音器的產品中，iPad 扮演的只是輔助的角色，要做細節的調整還是需要操作混音器本身；若是以 iPad 為主體的混音器，如之前所提，目前都還只是較為低階的產品，以至於在應用上還是會有諸多限制，例如，麥克風增益 (Gain) 做在混音器上，在 FOH 調整混音的混音師就無法即時地去控制各軌的增益。



## 2.3 結合電腦、錄音介面及其他控制器之完整混音系統

除前述廠商推出之商業化混音系統外，另外，還有少數獨立的混音系統開發商，或是實驗性學術研究單位，為達成一般混音系統達不到之特殊求，而放棄使用市面上現有之產品，轉而自己開發一套混音系統，來因應商業化混音系統不敷使用、缺少彈性的情況。

### 2.3.1 RML Labs - Software Audio Console (SAC)

由 RML Labs 開發的 Software Audio Console (SAC)，是一套在 Windows PC 平台上的即時現場混音軟體，創辦人兼開發者 Bob Lentini 的理念是：致力於開發出與傳統類比混音系統音質相等的數位混音系統；事實上，他所使用的數位音訊轉換技術，甚至已經超過了類比音訊的需求；一般的類比／數位音訊格式轉換，取樣之浮點數資料在轉換成二進位數值時，會直接將接近 0 或 1 的數值省略計算，造成音質上些微的損耗 (rounding / truncation errors)；SAC 在處理數為音訊時，是利用十六進位與線性整數混合的計算，來取代浮點數的資料，以取得較為精確的數位音訊資料，進而提升音質。另一方面，程式本身是用低階組合語言打造而成，相較於一般用高階語言寫的程式，在訊號的處理以及控制混音都較為快速；自 1992 年 Bob Lentini 在 AES 大會上發表以來，這二十幾年間，SAC 已經完成了數千場以上的現場混音，可以看出這套軟體的確有其過人之處。

然而，SAC 軟體只是整個混音系統的其中一部分，要成為可用的完整系統，必須還要再加入其它硬體的部分搭配；在硬體選擇上，SAC 提供了廣泛的選擇，只要是支援低延遲 ASIO 或是 MME 驅動的音訊介面都可以使用；有了音訊介面後，另外一定會搭配的麥克風前級，也是從平價到昂貴的機器都可以任意搭配。目前也有混音系統開發商，以 SAC 軟體來打造一整套混音系統；以其中一家 AIR Consoles (Audio Integrated Research) 為例，AIR Consoles 包括了電腦、SAC 軟體、硬體以及無線觸控介面 (平板電腦)，讓使用者一拿到產品就可以開始使用；使用者可以選購小至 8x8，大至 72x72 的混音系統，甚至未來還可能買到 128x128 的超大型混音系統。



圖 3 SAC 系統範例 (取自 SAC 官網)

像 AIR Consoles 這類的 SAC 混音系統，最主要的目的並不是要模擬實體混音器的功能，反而改善了以往混音器工作流程的缺點、不便之處，讓使用者能更方便的使用混音系統、更符合使用者的混音需求。舉例來說，要處理多個監聽混音的場合，往往需要具備許多輔助輸出 (Aux send) 的大型混音器，才能做到多組混音的需求；AIR 正好相反，它只有六組立體輔助輸出 (stereo Aux send)，乍看之下好像根本不敷使用，但實際上，它擁有 24 台虛擬混音器，每台虛擬混音器皆擁有六組立體輔助輸出，於是，再也不用在擁擠的混音器上，努力的調整輔助輸出，以達成樂手的混音需求，直接用這 24 台完全獨立的混音器，就可以完成不同的混音；如果有需要，甚至可以找來 24 個監聽混音師分別操作，也是完全沒問題的；至於那六組立體輔助輸出，則可以用來專門做為效果器處理的線路 (effects sends)。

在控制介面方面，AIR 可以利用平板電腦或是筆記型電腦透過無線網路來操控 (當然，也可以連接著網路線使用)，就像是與 iPad 結合的商業混音器一樣，讓混音師可以自由到各個區域，方便地控制混音；如果用在舞台監聽調整，混音師可以站在樂手的位置上，實際聽到從監聽喇叭發出來的聲音，不用在 FOH 猜測舞台上的聲音，也不需用繁瑣的手勢溝通；另一種應用，則是可以用來依據喇叭擺放位置、觀眾座位，來做分區域聲音系統的 EQ、混音調整。

使用 AIR 搭配無線控制系統，除了方便操控混音外，還有一個很大的好處，就是可以把以往被大台混音機、機櫃、各種設備佔滿的 FOH 混音區給釋放出來，一方面多了許多寶貴的座位，另一方面，也省下需大量工作人員維護混音區秩序的人力支出。線路的連接上，AIR 整套系統可以置於舞台旁，也就是以往監聽混音器擺放的位置；如同前面項目所提及，由於 AIR 的無線控制是將整個 SAC 介面搬到平板、筆記型電腦上，擁有完整之控制介面、功能，所以在 FOH 混音區只要利用平板、筆記型電腦，就能達成所有混音的控制；由於傳輸到平板、筆記型電腦不是音訊，僅是控制訊號，所以即使連線突然中斷也不會對主音響系統造成影響，只要恢復連線或是直接在主系統操控即可。

SAC 還有一項很大的優點：配合 Bob Lentini 開發的另一套軟體 SAW (Software Audio Workstation)，可以在背景錄製所選的輸入、輸出，最多可達 72 軌同步錄音；如果是使用一般的混音系統要同時多軌錄音，需要混音器本身有支援多軌的輸出，亦或是支援數位多軌輸出，無數位多軌輸出的混音器，就算有支援多軌輸出，也需要繁複的接線；遇到沒多軌輸出的混音器，則需使用麥克風分線器 (Microphone Splitter)，不過這樣一來，將無法確保錄製的聲音與現場的聲音能吻合。SAW 所錄製的聲音是從 SAC 完整複製而來的，多虧了數位訊號方便複製的特性所賜，所以能確保錄製的聲音與現場收錄的聲音一致；因為如此，這份錄音可以方便在下次演出時，能先做預彩排、聲音的測試。

### 2.3.2 CCRMA - Openmixer

除了商業上的應用之外，也有因應多聲道空間散射研究而開發的混音系統，像是 Fernando Lopez-Lezcano 與 Jason Sadural，替史丹佛大學 CCRMA 內的多聲道聆聽室所開發的混音系統—— Openmixer。

CCRMA 內的多聲道聆聽室 (Listening Room) 是一間全 3D 的空間工作室，是為了給研究、創作聲音或音樂的散射而設計；其中配備有 16 顆喇叭：4 顆在天花板，8 顆圍繞著聆聽者，4 顆埋在聲音能穿透的格狀地板下；他們發現在這種環境配置下，並不適用一般市面上現成的混音器，原因如同本論文在第一章所提及：多數的混音器都是設計給立體聲混音使用、數位混音器操作太複雜與不夠直覺、擴充輸入／輸出會使硬體成本、大小快速增加……等等；於是他們決定開發自己的一套混音系統。



Openmixer 的配置與 SAC 在概念上很類似，都是在電腦上執行自己開發的混音軟體，並連接音訊介面與各種音訊輸入、輸出設備，來完成一套完整的混音控制系統；這類配置的概念都有效地解決了使用傳統混音器的各種限制，兩者最大的不同，在於 SAC 是較為全面、商業化的混音應用，而 Openmixer 則是專注於 3D 聆聽空間研究而打造；例如 Openmixer 為確保實驗不受噪音干擾，限定要選用無風扇、低噪音的機器設備；此外，Openmixer 也不需要多餘的音訊處理，如壓縮、EQ、效果器等等，整套混音系統必須保持簡潔，如此一來，才能使 3D 音場 Ambisonics 處理後的聲音，呈現最好的效果。

在軟體方面，Openmixer 以 Linux 為開發平台，並使用 SuperCollider 來打造其音訊控制核心。SuperCollider 是一個以文字為基礎的音訊處理程式語言，在 SuperCollider 中可以很輕易且有效率的執行音訊處理、音訊路徑的配置；Openmixer 沒有圖形介面，所有混音的控制只仰賴兩台 USB MIDI 控制器：BCF2000/BCR2000 來完成；使用者並不需要知道如何操作電腦，只需將電腦開機，自動化的開機程序就會將一切所需軟體、服務準備就緒，之後，使用者就可以將他們的聲源：筆記型電腦、音樂 CD 或是 DVD，透過類比／數位／網路的方式，輸入到 Openmixer 中，然後利用 MIDI 控制器來控制聲音在喇叭及空間中的呈現，這樣的使用流程是非常直接且簡潔的。

相較於 SAC，Openmixer 在音訊控制介面上並沒有多點遠端控制的功能，原因在於使用環境的差異；在多聲道聆聽室內，可呈現出完整 3D 效果的只有在固定一個區域中，於其他區域控制混音的意義並不大；但這並不代表使用者介面沒有改進的空間，由於 SuperCollider 支援 MIDI 及 OSC 的輸入，所以其它形式的控制介面開發是很有可能的；由於這是個多人共用的實驗室，所以開發者未來還會加入利用 OSC，來儲存、讀取使用者的混音設定，並利用網頁介面來實現使用者資料存取功能。

## 三、 系統架構與元件

### 3.1 需求

要建構一理想之混音系統，必須根據各種需求來做考量與評估，如用途、成本、規模、擴充性、音質、操作性……等諸多因素；本論文的最終目標，是要打造一硬體及操作界面可高度自訂化、可適用於多數情況的混音系統，讓使用者能自由增加、減少系統元件來符合自己的需求。

為達成這樣的目標，根據第二章所述之混音系統之研究，發現市面上的商業化混音器皆不符合本論文的需求；於是本論文會類似於 SAC 或是 Openmixer 的概念，即是採用以使用者需求為導向的作法，將完整的混音系統大致分為音訊處理中心、輸入／輸出硬體、控制介面三大部份，讓使用者依據需求選擇最適當的配置，而不用被綁定在單一台操作設備上。

混音系統中的音訊處理中心，必須要有即時調配多重混音的能力，這樣的需求如果用實體類比音訊線路來實作，將會非常複雜且成本高昂，所以勢必要採用數位音訊的解決方案；提到數位音訊，則必然會有信號延遲的問題接踵而來，要使用在現場混音的話，就必須特別小心處理延遲的問題；第二個問題是能處理軌數的多寡，軌數數量必須要很有彈性，才能兼顧到各種使用需求，理想上要達到像是 AIR 的 SAC 混音系統的 8x8 到 128x128 範圍。

輸入／輸出硬體的任務是將各種類比或是數位音訊，送到音訊處理中心的各個軌道中；或是將音訊處理中的混音，輸出至喇叭或各種處理器設備。傳輸媒介包括類比或是數位傳輸介面，但為了確保音質、減低可能的環境因素影響，理想上還是以數位介面為佳；且音訊處理中心是採用數位音訊格式，所以使用數位音訊傳輸可減少轉換次數。

音訊處理中心的各個混音必須要有個控制介面來調整，為了因應混音系統的高度可自訂化，理想的控制介面必須根據需求而改變其配置，或是利用多重控制介面組合，來達到想要的混音控制配置；且能擁有多點遠端操控的能力，讓混音系統的操作不受設備或場地的限制，進而改善、甚至是開發出較好的混音工作流程。

### 3.2 系統架構

實作上，本論文研發之混音系統，所使用的主要硬體元件為：電腦、RME 音訊介面、iPad 平板電腦。軟體主要使用：RME Totalmix。訊號傳輸介面與協定：USB、ADAT、ANALOG、MIDI、OSC。

以下為系統架構圖；電腦與 RME 音訊介面以 USB 連結，作為音訊處理中心，負責處理所有音訊的混音。具有 AD/DA 處理能力的訊號處理器、麥克風前級，擔任音訊的輸入與輸出工作，以 ADAT 與 RME 連接並同步。iPad 作為控制介面，透過網路傳輸 MIDI 及 OSC 控制訊號。

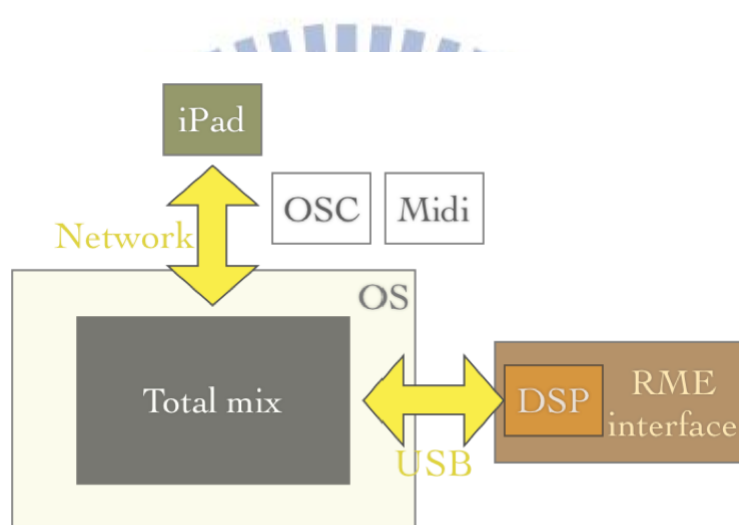


圖 4 系統架構



圖 5 系統連接範例



## 3.3 硬體

### 3.3.1 RME 音訊介面

本系統中，音訊介面是音訊處理中心裡最重要的一個角色；即使現在市面上充斥著許多不同品牌、功能的音訊介面，但是只有極少數的音訊介面，擁有接受外部控制器控制的能力，RME 就是其中一個；同時 RME 也是其中，擁有最多混音組數、最大路徑調配能力的音訊介面品牌；原因在於 RME 研發了一套『 TotalMix 』的混音控制介面，能夠直接控制音訊介面裡面的硬體 DSP 混音器，TotalMix 擁有可以將任何輸入配置到任何輸出的能力，且是可以任意以 Mono 或是 Stereo 的形式輸出；大部份的音訊介面都無法使用 Mono 輸出，也就是說一個 8 軌輸出的音訊介面，實際上是 4 組 Stereo 輸出，所以最多只能夠作出 4 組不同的混音；然而 RME 則是可以實作出 4 組 Stereo 混音亦或是 8 組 Mono 混音輸出，這正是現場混音系統很需要的功能之一；TotalMix 甚至還將軟體輸出獨立出來，總共三層：硬體輸入、軟體輸出、硬體輸出的設計，使得混音的選項更多元；如此功能強大的混音功能正是本系統採用 RME 音訊介面的原因。

至目前為止，像是其他比較常見的牌子如 Motu，DSP 設計的走向是增加效果器功能，整體 DSP 混音功能還是沒能像 RME 那樣完整；一般音訊介面如欲達成較完整的混音功能，多是利用軟體來達成，像是各種數位音訊工作站軟體（DAW），或是第二章所提的 SAC 軟體；搭配這些軟體後，雖然有了較佳的混音功能，但因多了軟體處理這道手續，所以，音訊延遲也會跟著增加；就算是 SAC 這套混音系統專門軟體，使用組合語言撰寫來降低延遲，但由於卡在作業系統、驅動程式等因素，處理速度終究還是比不上直接硬體 DSP 計算。



圖 6 RME FireFace UFX (取自 RME 官網)

在可處理的音訊軌道數量上，RME 也提供了極為廣泛的產品選擇，本論文所使用的音訊介面為 Babyface，是 RME 可攜式音訊介面的入門款，擁有的輸入／輸出數量為 10x12，這樣的數量已足以應付中小型的現場混音需求；如果有更多軌數的需求，截至目前為止，RME 提供高達 194x196 的輸入／輸出、總數 390 軌的音訊介面（HDSPe MADI FX），這樣的數量，幾乎足以涵蓋所有種類的混音需求。

### 3.3.2 電腦

一般而言，音訊介面是專門設計給電腦使用的，功用是負責把音訊以數位的形式轉換到電腦裡，電腦上的軟體才可以進一步處理或儲存這些數位音訊；而且大部份的音訊介面在使用上，必須與電腦連接，才能使用全部的功能；正因為如此，將音訊介面做為混音系統之用時，必定會搭配電腦一起使用，如 SAC 及 Openmixer 混音系統；SAC 是使用有完整圖形介面、混音功能的軟體，來將原本單純的音訊介面的輸入／輸出功能，轉換成多功能之混音系統；Openmixer 則是利用無圖形介面，但音訊處理功能完整的 SuperCollider，來實現多聲道混音系統。

SAC 與 Openmixer 的共同之處，都是將音訊介面的音訊訊號，透過軟體處理後，再回送至音訊介面。本論文採用不同的作法，讓音訊訊號的處理，直接在音訊介面內部來完成，也就是說—音訊訊號本身不會通過電腦。事實上，RME 是少數能獨立於電腦之外運作的音訊介面之一；在獨立模式下（Standalone mode），音訊介面本身就能完成所有的混音工作，而不需要連接電腦；這都歸功於 Totalmix on DSP 的設計，讓電腦端所操作的 Totalmix 軟體，實際上只是發送與接收控制訊號給 DSP，真正的音訊處理運算都是發生在音訊介面內部。

這種做法的重點，是要讓音訊訊號與電腦分開，使音訊介面成為一台專門的混音系統；電腦系統因為組成元件複雜，還有作業系統及外接設備穩定度的問題，使得系統失誤或當機的機率，相對於單純的音訊設備來得高；如果做為混音系統的電腦發生當機情況時，使用的是需依賴電腦才能運作的音訊介面，就會造成整個混音系統的失敗；如果存在這樣的風險，那這套混音系統就不適合使用在現場即時混音的用途，即是不容許系統失敗的場合。

本論文的作法，在電腦當機時，音訊介面內的 Totalmix 狀態還是維持正常運作，所以不會造成任何音訊的中斷，此時，仍可靠著外部控制器來繼續混音的控制；之後，恢復電腦重新連接，甚至是換台電腦連接，即可以馬上繼續 Totalmix 的控制，其中過程皆不會造成任何突波（clicks）或是中斷的情況產生，這也是 RME 音訊介面穩定度遠近馳名的原因；並且由於直接藉由 DSP 運算，所以也同時得到了超低延遲的好處，使得此混音系統非常合適用於即時混音的場合。

雖然電腦不負責處理音訊，但在本系統中仍然扮演很重要的角色。首先，電腦是控制訊號的集中、轉送的中心，所有的控制訊號會經由 Totalmix 程式，再傳遞到音訊介面，進行混音的操控；同時音訊介面也會將音訊的狀態、目前的狀態傳回 Totalmix 裡。縱使 RME 音訊介面可以接收外部控制器，直接以 MIDI 的訊號控制 DSP 內的 Totalmix 狀態，但要得到最完整的混音功能、同時監看所有音訊狀態，還是必須要靠電腦上的 Totalmix 程式才能辦得到。

再者，電腦上能夠很方便地應用及開發其他資源，來完成各種混音系統所需之功能；本系統採用較近期、以 OS X 為基礎的 Macbook 系列筆記型電腦；使用筆記型電腦的好處是可以將原本笨重的大型混音系統，轉變為方便攜帶、輕便的行動混音系統；利用筆記型電腦的無線網路功能，可以無線地連接多台控制介面，並利用 OSCulator 、Max/ msp 軟體來管理控制訊號的配置。

採用近期 Macbook 的理由是因為多了 Thunderbolt 這個連接埠，當軌數需求量較大時，可利用 Thunderbolt to PCIe 的轉換裝置，連接 RME PCIe 系列音訊介面，達到最高總數 390 軌的混音系統；390 軌的便攜混音系統，用傳統的混音系統是絕對達不到如此輕便、易於攜帶的。

電腦加上音訊介面這個組合還有另一個最大的好處，就是可以搭配 DAW 直接接收錄音訊介面的音訊；且每個輸入音軌皆可獨立錄製，以 RME Babyface 為例，在操作混音時，可同時錄製 10 軌的輸入音訊；甚至透過 Totalmix 輸出回放的功能（Loopback），也能夠將輸出的混音錄製下來；除了省去以往接線的麻煩，且由於是直接取得音訊介面的原始數位音訊，所以也不會有音質損耗的問題存在。

### 3.3.3 iPad

本論文採用 iPad 做為混音系統的主要控制介面，理論上，只要是執行 iOS 的無線 iDevice 裝置皆可以使用，如 iPhone 或 iPod Touch 系列；但採用 iPad 的理由，不只是因為 iPad 系列的螢幕較大，當然螢幕大的優勢，就是可以容納更多的圖形介面元件及資訊；另一個重要的理由是：iPad 可以透過 Apple iPad Camera Connection Kit 來連接 USB-MIDI 裝置，使 iPad 變成一台純 MIDI 控制介面，用來控制在獨立模式下運作的 RME 音訊介面；如在電腦發生當機、或是網路連線發生問題的情況下，iPad 將成為很好的備援控制系統。



在硬體方面，iPad 擁有 10.1 吋多點觸控螢幕；一般的 MIDI 硬體控制器，其操控介面設計在出廠後就無法更動了，相較之下，觸控螢幕則有介面可隨時因需求而改變的優勢；重量方面，iPad 系列只有約六百公克，因此非常便於攜帶、手持使用，並擁有無線網路連線能力，符合本系統對遠端操控及彈性介面配置的需求。

### 3.3.4 輸入／輸出裝置

系統中 RME 音訊介面的輸入／輸出軌道，有很大一部份是採用數位音訊連接埠，只有少部分是類比音訊接口；以 Babyface 為例，十個輸入軌道中，有兩個為類比麥克風前級輸入，另外八個則是 ADAT 數位輸入；輸出部分，總數十四個輸出軌道，四個為類比音訊輸出，剩下八個為 ADAT 數位音訊輸出。如要將這些軌道充分利用，則必須要加上外部的輸入／輸出裝置；本論文採用了 BEHRINGER ULTRAGAIN PRO-8 DIGITAL ADA8000 作為混音系統的輸入／輸出元件，ADA8000 是一台八軌麥克風前級／線性 (Line in) 輸入、八軌線性輸出 (Line out)、ADAT 輸入／輸出的機器；具有類比訊號與數位訊號雙向轉換的功能 (AD/DA)，可將麥克風或是類比訊號的訊源，透過 ADAT 光纖線，傳輸至 RME 音訊介面；也可以將音訊介面的 ADAT 輸出，轉換成類比訊號輸出，用以連接喇叭或是其他設備。

ADAT 是被廣泛採用的數位多軌音訊傳輸格式，在 44.1 kHz 的取樣頻率下，可以同時傳輸八軌無壓縮數位音訊；有些 RME 音訊介面會搭配兩組 ADAT，也就是 16x16 的數位音訊軌道；若軌數需求較大的情況下，高階的 RME 音訊介面還有另一種數位多軌音訊格式可供選擇—MADI，一個可以傳輸六十四軌 44.1 kHz 無壓縮數位音訊的音訊協定；MADI 只需靠同軸或是光纖訊號線就能夠一次傳輸如此多的軌數，並且一併解決了以往數位訊號線傳輸距離能力過短的問題；一般的數位信號線，如 ADAT 所使用的光纖線 (Light pipe)，若長度超過十公尺，就會開始產生信號衰減或是雜訊的情況；而 MADI 使用同軸線 (Coaxial)，距離可達 100 公尺；若是使用光纖線 (Optical fibre glass)，則可以達到驚人的 2000 公尺。

如此的長距離傳輸能力，使得 MADI 的設備能夠做為數位多軌訊號線使用，取代傳統笨重、音質易受影響之類比多軌訊號線；然而，目前市面上之 MADI 設備，價格都較為昂貴，雖然以大規模混音之需求來說，已經比購買一般傳統設備成本低；但是當混音需求軌數較少時，成本花費就相對來得高。

本論文採用的解決方案，仍然是採用 ADAT 設備，但在傳輸線方面使用了 ADAT 訊號延長器；這種設備會將 ADAT 的光纖線傳輸，轉換成網路線傳輸；由於網路線適合遠距傳輸的特性，使得傳輸距離得以延長到 100 公尺之遠；且轉換器與 ADAT 設備的價格普遍較為便宜，所以可說是目前成本最低的數位多軌信號線解決方案。

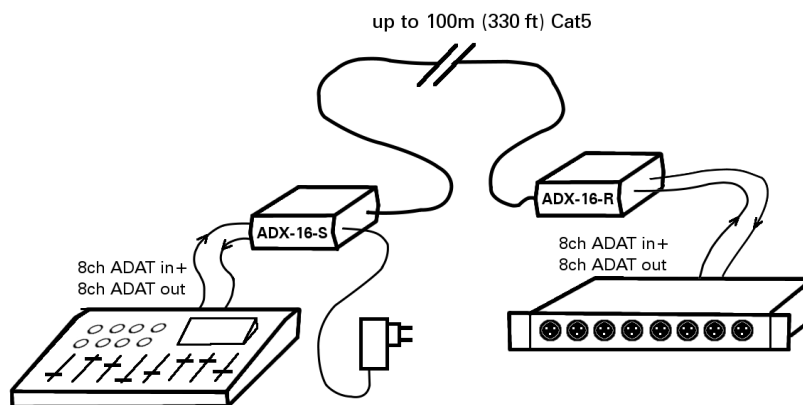


圖 7 傳輸距離達 100 米之 ADAT 網路線轉換器 (取自 Appsys)

## 3.4 軟體

### 3.4.1 Totalmix

Totalmix 為 RME 開發之即時數位混音技術，它的運作是由兩部分組成：一個是位於音訊介面內部的 DSP 硬體，一個是電腦作業系統環境下的 Totalmix 程式。Totalmix 提供使用者可以自由的操作音訊混音、音訊路徑配置；即是將任何輸入（包含實體輸入及電腦音訊），自由地混音到任何輸出；每個輸出都是一組獨立的混音，以 Babyface 為例，共有十二組 Mono 混音，相當於一般混音器上有十二組 AUX。近年來，RME 將 Totalmix 升級為 Totalmix FX，除使用者介面更新之外，更是新增了許多實用的功能：三段式 EQ、Low cut、echo、reverb 以及壓縮（Babyface 無壓縮功能），這些功能都是現場混音系統必備的功能，所以本論文選擇以 Totalmix FX 之後版本的 RME 音訊介面，來做為混音系統的元件。

在早期，RME 就在 Totalmix 中加入了外部控制的能力；支援的控制協定有 Mackie Control 與 MIDI；Mackie Control 的優勢就是推桿能自動化，並且能夠透過 MIDI 傳輸來讀取特定訊息，如軌道的名稱、音量 (Level meter)；但由於 Mackie Control 是固定的硬體介面，其訊息格式都有一定的規範與限制；例如，一頁只能控制並顯示八軌的訊息，軌數較多時就必須要一直換頁；如遇上需即時做複雜的操作，恐怕會手忙腳亂；所以 Mackie Control 不太適合用於現場即時混音。使用 MIDI 則無軌道的限制，Totalmix 將每個軌道的推桿、按鈕，分配到不同的 MIDI 通道與號碼，只要 MIDI 控制介面對應這些號碼，就能夠控制想要軌道，使用起來較有彈性；同時 MIDI 也能夠在獨立運作模式下控制混音，但因為此時沒有電腦 Totalmix 程式的運作，所以只能做較為基本的控制。

到了近期，自 Totalmix FX 0.98beta 版本之後，RME 正式支援以 OSC（Open Sound Control）來控制 Totalmix；使用 OSC 幾乎可以控制 Totalmix 內所有的功能，只要控制器與 Totalmix 所在的電腦，連上相同的網路區段，並與 Totalmix 所建立之 OSC server 連線，兩者之間就能雙向傳遞 OSC 控制訊息。



圖 8 Totalmix Fx

### 3.4.2 MIDI 與 OSC

MIDI 是一個非常普遍使用在各種電子樂器、控制器以及電腦之間，做為互相溝通的一種協定；OSC 也是類似的協定，但不同的是，OSC 使用了網路來當做訊號傳遞的媒介，使得大部份只要是具有網路能力的裝置，基本上都擁有發送／接收 OSC 訊號的能力；且 OSC 的訊號格式較為自由，參數、數值都可以由使用者自己定義；MIDI 則是一嚴格控制限制的協定，且通道、訊息的數量皆有一定的限制，這都是當時為了統一各廠商電子樂器的訊息格式，而制定出來的標準；至今，MIDI 仍在現代的電子樂器製造商、音樂相關軟體之間通用，但有越來越多的廠商開始轉往支援 OSC 的趨勢。

本論文同時採用 MIDI 與 OSC 兩種控制訊號，因此二者各有所長，所以相互搭配能得到最大的效用與使用彈性；例如，雖然 MIDI 在使用上會有一些限制，並未能使用到 Totalmix 的所有功能，但也有可以在獨立運作模式下操作這個優點；且 Totalmix 所定義的 MIDI 位址也非常簡單易懂，所以在穩定度以及指令複雜度上，仍有其優勢。



另外，由於同時採用兩種控制格式，且因需求的不同，可能會有多重控制介面的使用情況；要控制這些訊息在這麼多裝置間流通，必須要有額外的軟體來輔助；本論文使用 OSCulator 來管理 OSC 訊息在多個裝置間流通；因 Totalmix 的 OSC server 在設計上，只能同時間接受一部 OSC 裝置連線，所以 OSCulator 就成為 Totalmix 與多台 iPad 之間，互相溝通的仲介，並確保多台 iPad 間的資訊能同步。另一套軟體：Max/ msp 則是用來做 MIDI 訊號的管理工作。

### 3.4.3 iOS app

本論文最初一開始採用的介面設計工具，是名為『 Control 』的 iOS app；Control 是一免費、跨平台且開放源碼的 OSC、MIDI 介面設計軟體；只要透過撰寫 JSON 檔案，即可打造自訂的介面。但由於缺少圖形化設計介面，使得開發介面時不夠直覺。加上提供的介面套件不多，如有特殊的介面設計需求，就必須使用 Javascript 撰寫自訂的項目及功能，造成花費許多開發時間成本。再來是效能問題：如畫面上放太多項目，並同時又有很多控制訊息傳入、傳出時，效能便會低落，造成停格等現象；於是本論文最後放棄使用 Control 作為控制介面的設計軟體。

市面上有多款擁有圖形化設計介面的 OSC、MIDI 設計軟體，如最有名的 TouchOSC；其簡易的介面編輯程式，讓使用者能很快速的開發想要的介面；但也由於太過簡易，使得許多進階功能沒辦法實現。Lemur 則是一套擁有圖形化設計介面，但同時又能高度自訂程式碼的介面開發軟體；在近期的版本中，甚至加入了可直接在 iPad 上設計介面的功能；雖然價格是其他同類型 app 價格的十倍以上；但考量到之後的介面開發成本，以及本混音系統的長遠開發潛力，於是本論文決定採用 Lemur 做為控制介面設計軟體。



圖 9 Lemur 介面範例 (取自 Liine)

## 四、 介面設計與應用

### 4.1 混音控制介面

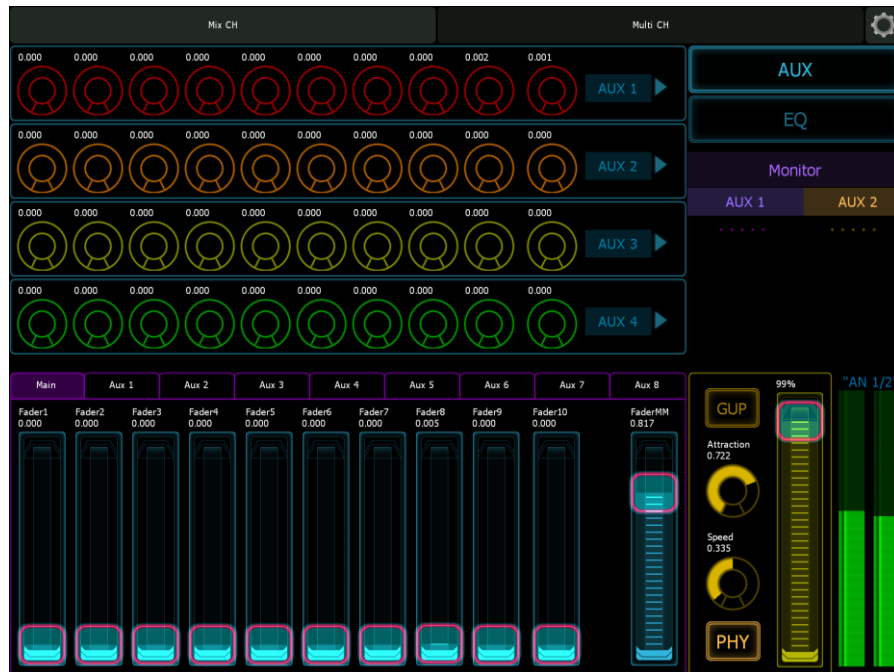


圖 10 控制介面全覽

整套混音系統能像混音器一般運作的關鍵，在於 iPad 的控制介面上；介面設計之概念即是將 Totalmix 之混音功能，完整地透過 iPad 來實現。由於 Totalmix 設計之初，並不是為了即時多聲道、多重混音的情況下而設計的，許多功能必須透過一層層頁面的切換才能完成，與許多數位混音器的缺點一樣，都不太適用於需要快速反應的場合使用；例如，要將一個訊號輸入源，即時調配到主輸出以外的多組 AUX 輸出，需要多次切換輸出的頁面，才能將每個 AUX 的該輸入音軌推起；如此過程步驟瑣碎、不夠即時，且在單一混音頁面下，無從得知各個輸入目前送到別組 AUX 的情況，造成多混音輸出的調整不易。本論文利用 Lemur 於 iPad 上打造一套適合於即時現場多聲道混音的控制介面，改善 Totalmix 在操作上的不便，並融合傳統類比、數位混音器介面設計上的優點，藉以讓使用者得到有效率且方便的混音體驗。

## 4.2 AUX

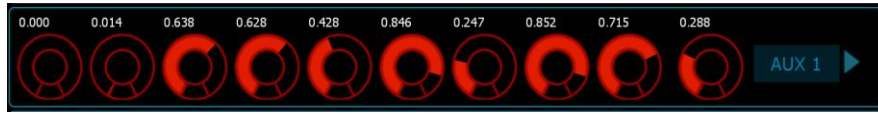


圖 11 AUX 旋鈕

原本的 Totalmix 或是數位混音器上皆為多頁面共用推桿的設計，這樣的設計雖操作不便，確能使 AUX 得到以推桿混音的好處；於是本論文保留類比混音器的旋鈕設計，並結合數位混音器的多頁面設計，在同一個頁面上；以縱向的觀點來看，使用者可以藉由直排旋鈕的位置，得知目前輸入軌到各 AUX 混音的比例，更可以直接將輸入送到各 AUX 的混音做調整；這些旋鈕與多頁面推桿是互相同步的，任何旋鈕或推桿的移動，所對應之物件皆會同步更新；所以在調整完旋鈕後，可以利用右方的按鍵直接跳至該 AUX 推桿頁面做橫向的細微混音調整。縱向式的混音調整，有助於必須快速將聲音送到 AUX 的情況，像是快速將所需之聲道送給樂手舞台監聽，或是控制聲源送到效果器處理的量；而橫向則可以做細微的混音處理或是音量的變化，像是為不同場地的喇叭配置不同的混音、為錄音或特殊需求之混音做調整。

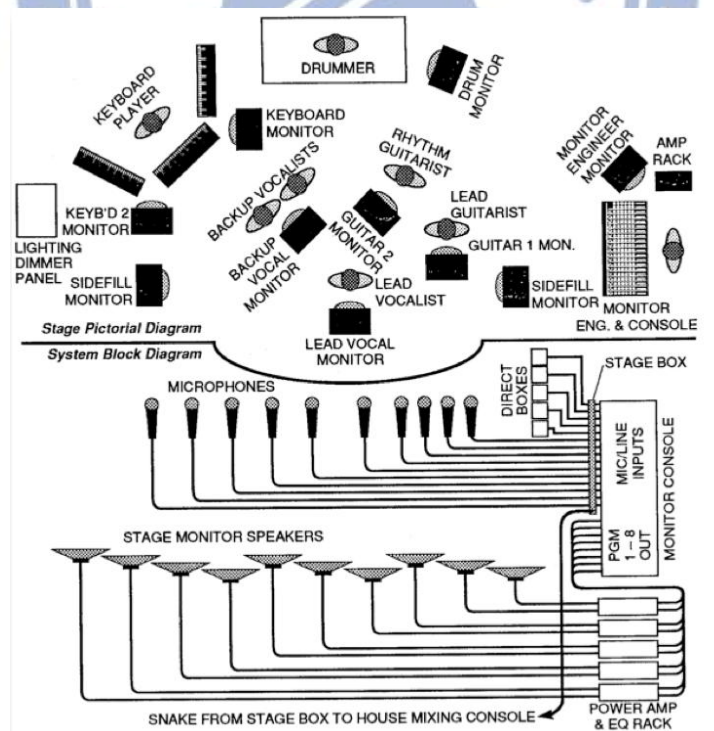


圖 12 麥克風與監聽連接範例 (取自 The Sound Reinforcement Handbook)



上圖為一即時混音的場合，可以看到在調配現場演出混音時，除了將麥克風收錄進來的聲音，发送到給觀眾聆聽的外場喇叭之外，還必須將聲音送到無台上各個樂手的監聽之中；在面對這麼多輸入要即時調配到 AUX 的場合下，通常需要中大型的類比混音器，或是在舞台邊設置專門的監聽用混音器才能應付；若是使用小型類比混音器或是數位混音器，混音的效率恐怕不能合乎現場即時的需求。本系統在此狀況下，則可以迅速及有效率的方式完成外場喇叭與監聽的混音；在不需切換版面的狀況下，就可以詳細看出主輸出混音與四組 AUX 監聽混音的狀況，並能夠快速地調配混音；切換版面後目前可調配至多八組 AUX 混音，在切換版面的時候仍保持其他混音可見，不會像數位混音器一樣單一混音占據整個版面，而無法與其他混音參考對照。

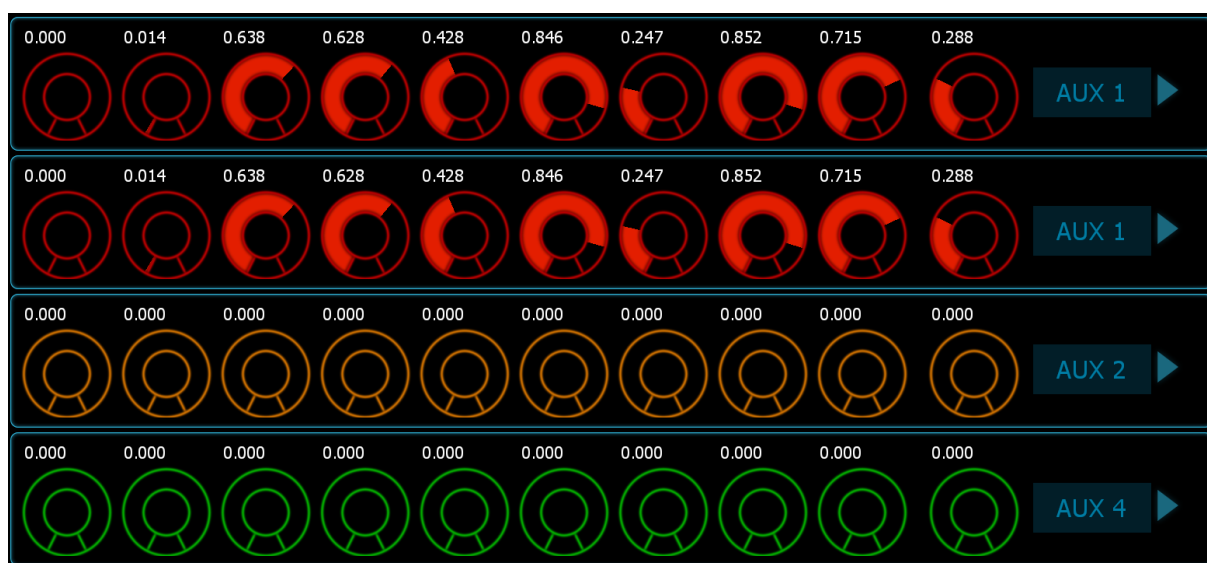


圖 13 AUX 旋鈕組

版面配置的部分，由於 iPad 大小的限制，在一螢幕中所放置的物件數量有其限制，如放太多恐怕會造成操作不易、誤觸等問題；本介面在設計上，一次可顯示四組 AUX 旋鈕；四組 AUX 在使用上恐略顯不足，為解決此問題，本介面在 AUX 旋鈕頁面中設計了下拉式選單，可讓頁面選擇顯示第一到第八組的 AUX 旋鈕頁面；這個設計的理由，是因為使用者大多時間不會一次用到那麼多組的 AUX，所以讓使用者自行選擇當下需要的 AUX 旋鈕在頁面上，是個節省顯示空間，又能維持混音效率的做法。

### 4.3 EQ

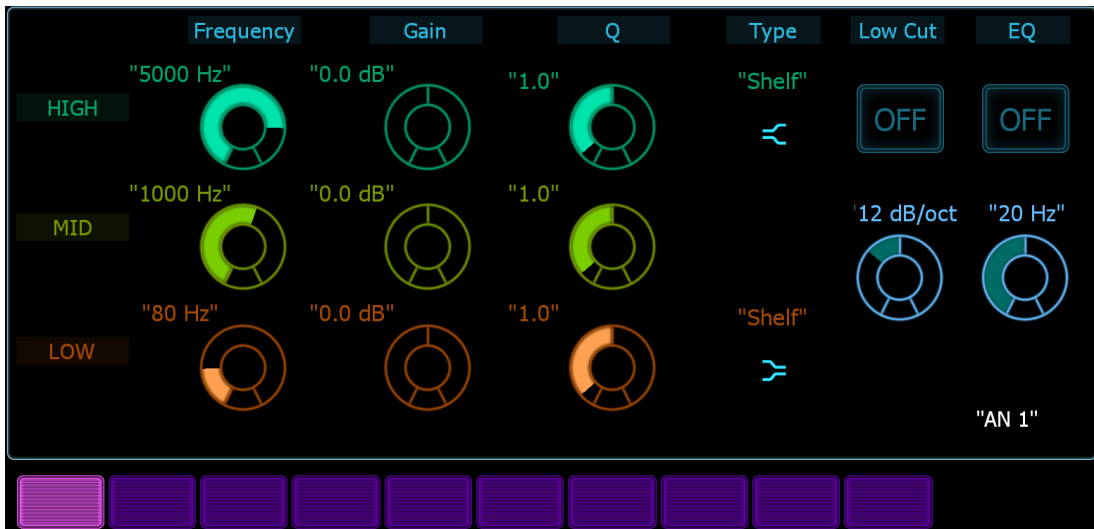


圖 14 EQ 介面

EQ 頁面的設計，也是將原本 Totalmix 預設的橫向配置，改為類比混音器常見的直向設計；即是旋鈕按照 HIGH、MID、LOW 排列，此排列有助於現場即時依據聲音輸入的內容，來做 EQ 的調整；對於細微的設定需求，也保留了许多調整的選項在旁邊，像是頻率、Q 值、Low cut 等等之設定；只可惜受限於目前 Totalmix 控制的限制，EQ 的調整必須受限於同一組旋鈕，而不是各軌獨立旋鈕；EQ 按鈕按下之後，會動態產生 EQ 旋鈕頁面，並且會有一組多按鈕滑桿置於其下；使用者點按或是在上面滑動即可選擇各聲道的 EQ 旋鈕頁面；各聲道調整的數值皆會保留，並且在下次點按的時候叫出。

### 4.4 Group Fader

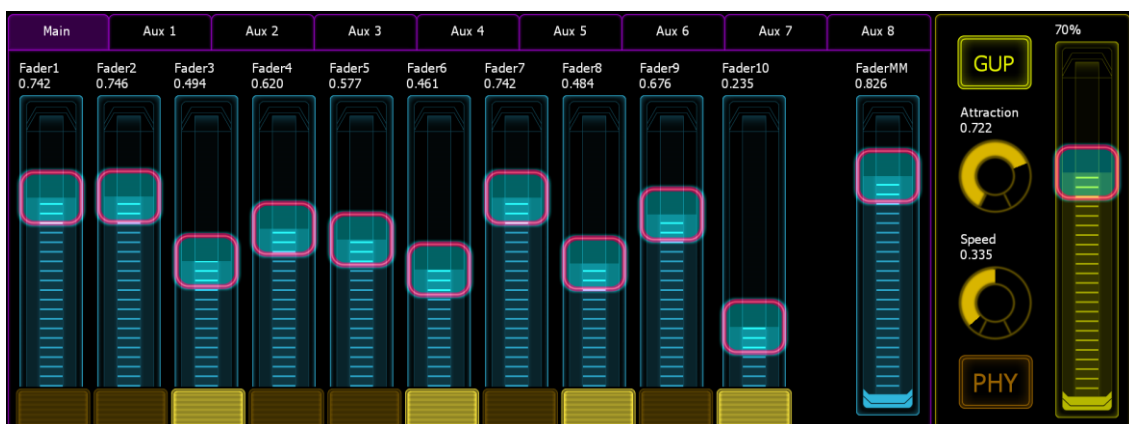


圖 15 Group fader 設計

本介面一獨特的功能是群組推桿（Group Fader）功能，將推桿可以群組化來控制，這功能在部分數位混音器上會具備，但是一樣是需要經過複雜的操作才能設定使用；本系統此功能特別的地方在於易於使用，只簡單的點擊 GUP 按鈕，下方便會跳出聲道選擇滑桿，此時，點擊想要用於群組的推桿，即可將這些推桿同時利用右方的總推桿來控制；推桿的控制會依據目前調配好的混音比例同時移動，也就是說，混音的比例在群組控制下依然會保留著；另外，有別於一般的群組推桿功能，本系統特別加入了物理控制模組；此模組可以模擬真實操作混音器漸入、漸出（Fade in、Fade out）的情形，只需調整引力（Attraction）與速度（Speed），後點擊群組總推桿上的任何位置，此時推桿就會被吸引過去；移動的速度是由調整的數值決定，可以很快速或是緩慢的移動；使用者可以利用這功能，把多個聲道的群組漸入、漸出，並且能夠精確的控制快慢，這是在傳統類比或是數位混音器上做不到的。

#### 4.5 多台 iPad、iPhone 連結控制

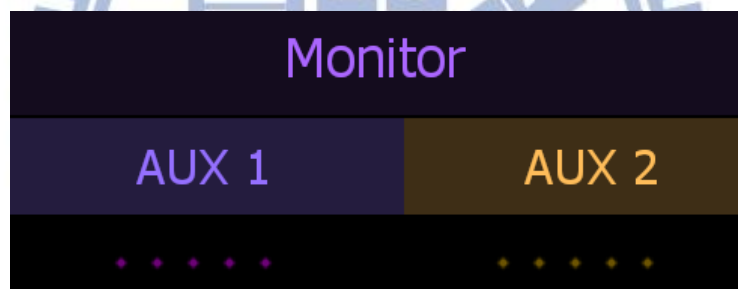


圖 16 監聽控制選單

在某些混音場合上，有時混音的工作可以同時交給不同人來完成，於是，本系統建立了多台控制介面連線的功能；例如，在現場演出時，表演者使用入耳式監聽，或是樂手在錄音室使用耳機來做監聽時，由於監聽的聲音只有個人會聽到，所以這時候可以將樂手本身的監聽控制權交由他們，讓他們可以依據喜好、音樂上的需求來自由調配他們需要的混音。使用上，只需將介面載入在其他台 iPad 或是 iPhone 上，設定好主控介面的網路位址，就完成連接的工作；在主控介面這端，填好外部控制介面的網路位址，並由監聽選單選擇外部控制可操作的 AUX 聲道，即完成雙向的連接，此時推桿於主控、外部機器上是同步的，且可在主控介面的監聽選單下方的燈號，來得知訊息傳輸的狀況；這個燈號除了可用來來得知連接狀況外，另外還有提示的作用，以避免雙方同時爭控混音的情形發生。





圖 17 實際連接外部 AUX 控制範例

#### 4.6 多聲道散射控制



圖 18 多聲道散射控制頁面

本系統針對多聲道的散射控制需求，打造此控制面板；主要的介面是多點式的控制面板，此面板用來表示聲音在空間中的位置：每一個點代表的是不同的音源，正方形區塊代表的是空間；使用者可以透過手指觸碰來改變每一點的位置，點的數量也可以根據音源的數量來增加或減少。另外，除了普通的操作模式外，本系統也加入了物理模擬的控制；開啟物理模擬後，點與手指觸控點間會存在引力的作用，之後便會做持續的前進動作，遇到邊界後會反彈；這些動作都可以透過三個參數來調整，分別是引力、速度、摩擦力；透過這些參數，可以在空間中產生聲源無限可能的移動，進而創造出完全不同以往的聆聽感受。

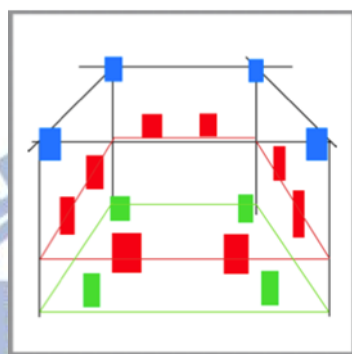


圖 19 多聲道聲響空間實驗室喇叭配置

實際利用此系統的例子是在本學程中一間多聲道聲響空間實驗室，實驗室中使用角鋼鐵條沿著房間的牆壁角落架起裝置喇叭的鐵架。為了建立起一個 3D 立體音場的空間，我們將 16 顆 Genelec 8030A 喇叭以分層的方式裝置在鐵架及地上，另外我們使用 RME 的 Fireface800 錄音介面與 2 台 ULTRAGAIN PRO-8 DIGITAL ADA8000 擴充介面，連接電腦透過這兩項設備再經過兩台集線器來輸出 16 顆喇叭的聲音。

## 五、 結論

### 5.1 成果

本系統在技術上，相較於傳統混音器，的確減少了操作多聲道混音時的複雜度，且在減少硬體成本、降低設備複雜度的目標上獲得很大的功效；由於 iPad 控制介面可無線操作，且易於攜帶，使工程師可以在任何他想要的地方控制混音，以即時又有效率的方式對音訊系統監控；另一方面，使用這套系統，使得音樂家方便調整他們自己想要的入耳式監聽；這套混音系統對音樂家及工程師兩種角色來說，都是有很有幫助的。

但就控制介面而言，本 iPad 控制系統在實務上，還是比不上傳統實際硬體的操作手感；雖然觸控螢幕式的介面非常具有彈性及可調性，但在操作時，因觸控螢幕不會產生實際的力回饋，要做精確的操控相對較困難；且在操作時必須盯著螢幕，否則容易誤觸；整體來說，還無法像實體混音器那樣有流暢的操作。改善的方向可以朝改善介面設計、以及加入實體控制介面來進行。

目前較建議使用傳統混音系統與本系統互相搭配，因為本系統採用的 iPad 控制介面，在混音技術上來說還是相當新的概念，操作方式也跟以往有很大的不同，所以會存在著學習曲線等問題；一般習慣傳統混音器的混音師，在剛接觸本系統時可能沒辦法馬上上手，須經過一段學習時間後，iPad 控制介面才有取代傳統介面的可能。

### 5.2 未來研究

#### (1) 改善介面可用度

目前介面的設計，大部份還是參考傳統混音器的設計而來；如音量推桿，形狀一定是細長的長方形；旋鈕一定是圓形的形狀；但如果將這些元件，轉換成另一種較適合觸控的形式，也許在操作觸控螢幕時，就不會與一般操作實體的手感有聯想，進而提升操作的順暢度。

#### (2) 加入實體控制介面以提升 iPad 使用可靠度

將較為固定的控制項目交由實體控制器來操作，可增加整體系統使用上面的穩定度，由於 Lemur 可接收的 OSC、MIDI 通道數量很多，增加了串接多台實體控制器的可能性。

### (3) 減少對電腦的依賴，把工作移交給 iPad

目前仍有許多功能必須仰賴電腦上的軟體運作，例如多聲道時，必須開啟外部程式進行多聲道編碼的工作。本論文目標在 iPad 上實作多聲道的編碼與放送—VBAP，透過聲源相對於喇叭的向量計算，並加入 reverb 參數，使得透過 iPad 就能夠作多聲道的散射控制。

### (4) 新增狀態儲存與回復功能 (state save, recall)

狀態儲存對於即時現場控制是很重要的功能，尤其在於現場演出內容多變的情況下，不同的演出混音內容可能差異甚大；於是，能夠在彩排時將每個混音的參數都儲存起來，並在演出時能夠即時的回復參數，是本論文努力的一個方向。





## 參考文獻

- [1] Gary Davis, Ralph Jones, "The Sound Reinforcement Handbook", Yamaha, 2 ed. January 1, 1988.
- [2] David Miles Huber, Robert E. Runstein, "Modern Recording Techniques", Focal Press, 7 ed. August 3, 2009
- [3] opensoundcontrol.org, (<http://opensoundcontrol.org/>).
- [4] Control, (<http://charlie-roberts.com/Control/>).
- [5] Liine, (<http://liine.net/en/>).
- [6] "Expanding Touch and MIDI, Mobile iOS Control Gets More Mature in New and Updated Apps; Round-Up", (<http://createdigitalmusic.com/2011/04/expanding-touch-and-midi-mobile-ios-control-gets-more-mature-in-new-and-updated-apps-round-up/>).
- [7] "hexler.net|Documentation|TouchOSC | Setup CoreMIDI Network Session", (<http://hexler.net/docs/touchosc-setup-coremidi-network>).
- [8] RME, ([http://www.rme-audio.de/en\\_index.php](http://www.rme-audio.de/en_index.php)).
- [9] SAC - Software Audio Console, (<http://www.softwareaudioconsole.com/>).
- [10] Appsys, (<http://www.appsys.ch/>).
- [11] icst.net: Ambisonics Externals for MaxMSP, (<http://www.icst.net/research/downloads/ambisonics-externals-for-maxmsp/>).