

音樂學習智能虛擬教練：以小號為例

Musical Smart Virtual Trainer:

Example on Trumpet

陳奕雯¹ 徐豐明²

CHEN, YI WEN¹ SHYU, FONG MING²

¹ 國立臺中科技大學 多媒體設計系研究所 研究生

¹ National Taichung University of Science and Technology Department of Multimedia Design Student

E-mail : s1810722003@gms.nutc.edu.tw

² 國立臺中科技大學 多媒體設計系研究所 副教授

² National Taichung University of Science and Technology Department of Multimedia Design Associate Professor

E-mail : fms@nutc.edu.tw

摘要

練習樂器的過程中，不管是初學者或是老師級的人物，「基本練習」是每次練習必備項目之一。如同練功夫之前得先紮穩馬步，基礎要先練得扎實，才能往下一步邁進。不曉得基本練習的重要性，以及自己所演奏出來的聲音正確與否，是初學者，甚至是學習一段時間的樂手都會遇到的問題。本研究利用物聯網 (Internet of Things, IoT) 以及機器學習 (Machine learning) 的技術，收集使用者學習前後資料以及智能虛擬教練成長狀態，透過 Unity 3D 開發平台進行整合，透過數據化系統使樂器學習更有效率。

關鍵字：樂器學習、虛擬教練、物聯網、機器學習

Abstract

During the process of practicing a musical instrument, basic exercise is considered as a convention of every single time of practicing, regardless of a beginner or a profession player. As one must has the steady foundation to proceed further. It is a common issue for beginners, even players who have been playing for a period of time, to ignore the importance and priority of basic exercise, and the correctness of the sound they performed. This study utilized Internet of Things and the technics of Machine Learning to collect learners' data before and after learning, along with the evolving status of the smart virtual trainer. Integrated through Unity 3D development platform, in order to make musical instrument learning more efficient through the digitized system.

Keywords : Music Learning, Virtual Trainer, Internet of Things, Machine Learning

壹、前言

若將一首曲目拆解開來，即是不同組基本練習的混合。在學習小號(Trumpet)的這段期間，以及與其他演奏者的交流中，觀察到忽略基本練習，一味演奏著樂譜上的音符，缺乏語法、音準、音色的要求，是許多演奏者皆有的壞習慣。而有些明白基礎重要，努力練習的演奏者，無法得知自己演奏出來的內容是否正確，是因為老師或是教練無法時時刻刻在身旁提醒，練習因此沒有效率，白費力氣。

一、 研究動機與目的

透過物聯網、機器學習與智能虛擬教練，讓系統能夠提供使用者相對正確的練習方法。智能虛擬教練聽過使用者的演奏之後提出建議與回饋，讓使用者的練習能夠有效率，穩定的吹奏出完整的基本練習，為之後的曲目做基礎的準備，整體著重在利用演奏者與系統的互動，讓使用者進步。

綜合以上所述，本研究目的有以下兩點：

- (一)建立小號智能虛擬教練。
- (二)評估使用者是否有所進步。

二、 研究範圍與限制

為使研究的結果與蒐集的資料相對明確，因而本研究的範圍與限制有以下四項：

- (一)因各種樂器的演奏方式不同，本研究使用的樂器將限制在小號。
- (二)本研究目的是訓練小號演奏者的基本練習，並不會有再深入的音樂教學，如節拍練習，或其他音樂性的詮釋將不包含在內。
- (三)參與本研究的測試者為小號學齡一年以上的使用者。
- (四)本研究將蒐集個人練習時的資料。

貳、文獻探討

本章節會對本研究相關技術以及所需之核心理論，進行相關文獻探討與介紹。

一、IoT 技術

大眾所知道的物聯網，也就是 IoT 技術，又是網際網路、傳統電信網等的資訊承載體，讓所有能行使獨立功能的普通物體實現互聯互通的網路（劉雲浩，2010）。

通過 IoT 可以用電腦對機器、裝置、人員進行管理與控制，也可以對家電或汽車進行遙控、定位、防盜等，類似自動化操控系統，同時透過收集這些事物的資料，匯聚成巨量資料，實現物和物相聯。

IoT 的應用廣泛，領域主要包括：運輸和物流領域、工業製造（Chen Yang, Weiming Shen, and Xianbin Wang, 2018）、健康醫療領域範圍、智慧型環境領域、個人和社會領域等（Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito, 2010），具有十分廣闊的市場和應用前景。目前的趨勢是將人工智慧(Artificial Intelligence, AI)和 IoT 結合在一起成為 AIoT（人工智慧物聯網）（Uckelmann Dieter, Isenberg Marc-André and Teucke Michael, 2010）。

物聯網的主要結構（林東清，2019），大致區分為三個層次：

- (一)感知層(Sensor Level):類比人類的感知統，用來蒐集環境的相關資料，如聲、光、溫度、壓力等。使用的感知工具有：感測器(Sensor)、辨識器(Identifier)、影音監控(Video Surveillance)。其中，感測器可囊括人類幾乎所有的看、聽、聞、嗅及各種觸覺。辨識器主要用來記錄、傳遞、辨識與鑑別物品，例如：RFID、QR Code 條碼等等；而影音監控則主要是透過影像、聲音的擷取來偵測物件身分與移動，例如：網路監視攝影機(IP Camera)、智慧型音箱、人工智慧與語音辨識等等。
- (二)網路層(Network Level): (1)100 公尺內的近距通訊，包含藍芽、Wifi、4G、ZigBee 等 (2)遠距通訊，又分為 LoRa(Long Range)，為目前最受產業支援的 LPWA，以及窄頻物聯網(Narrow Band-IOT)，相較 LoRa 速度更快。
- (三)分析層(Analysis Level): 主要運用 AI、機器學習、圖像識別(Pattern Recognition)等來分析判讀多種回傳的巨量資料。

二、 機器學習

機器學習是一種弱人工智慧(narrow AI)，它可以讓電腦尋找資料中複雜的函數(或樣本)來進行學習且創造演算法(或一組規則)，並利用它來做預測。同時藉由驗證資料比對計算分類結果，來判定模型是否適合用來預測或分類。(田慧君、吳季嫻, 2018)

目前多層次的人工神經網絡模型，主要包含以下三層，分別為輸入層(input layer)、隱藏層(hidden layer)與輸出層(output layer)，圖 1 為結構範例圖，以下將分層進行說明：

- (一)輸入層 (Input layer)：主要是負責接受大量向量訊息。
- (二)隱藏層 (Hidden layer)，簡稱「隱層」，是介於輸入層與輸出層之間的一個媒介，可以連結神經元和鏈接並組成各個層面，因此隱藏層可以擁有相當多層，但是習慣上還是只會用於一層。
- (三)輸出層 (Output layer)：訊息在神經元中進行的輸出向量結果。

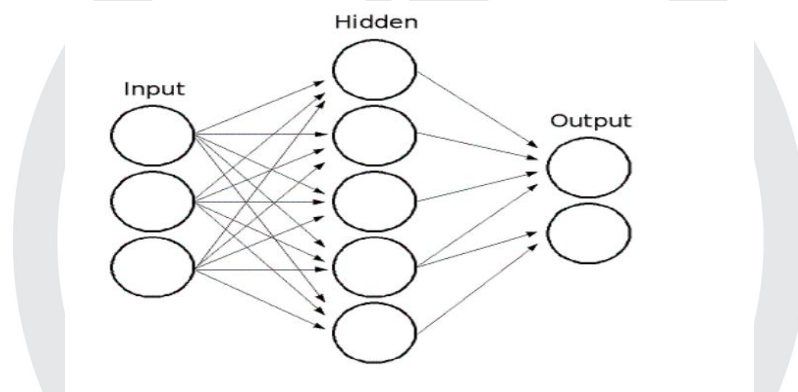


圖 1：類神經網路結構圖 (Dr. Peter and G. Gyarmati, 2005)

三、 邊緣運算技術

邊緣運算(Edge computing)，是一種分散式運算的架構 (拓璞產研, 2018)。原本完全由中心節點處理的大型服務，將由邊緣運算加以分解，切割成更小與更容易管理的部份，分散到邊緣節點去處理。邊緣節點更接近於用戶終端裝置，可以加快資料的處理與傳送速度，減少延遲，圖 2 為邊緣運算架構圖。在這種架構下，資料的分析與知識的產生會更接近於數據資料的來源，因此更適合處理大數據。

邊緣運算在傳統雲端與裝置端的中間，多了一層運算層——Edge 端，它是靠近數據源的運算單位，包括閘道器、路由器、硬體底層的各种裝置、設備、機器與系統。Edge 針對多裝置與大量訊息先做處理，對裝置端做出回饋與反應，不需讓所有資料都上傳到雲端，藉此減少時間遞延與資料傳輸與儲存成本。

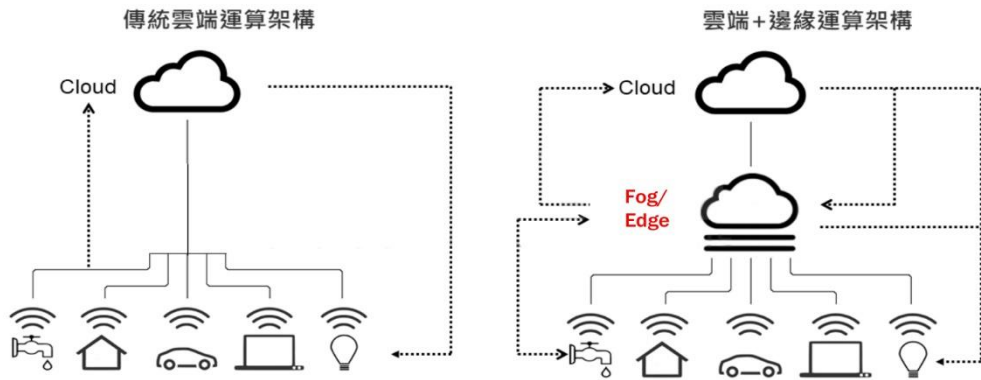


圖 2：邊緣運算架構圖(來源：拓璞產研[8])

四、 小號原理

小號為一種銅管樂器，需振動嘴唇發音，藉由吹嘴協助，導入樂器共鳴發聲。銅管樂器也被稱為「labrosones」，字面的意思是「振動嘴唇的樂器」(Baines and Anthony, 1993)。它的按鍵可變換音高，如：圖 3 所示，當開啟活塞對應的管子，改變空氣柱的長度而變換音高，並且奏出不同的聲音。

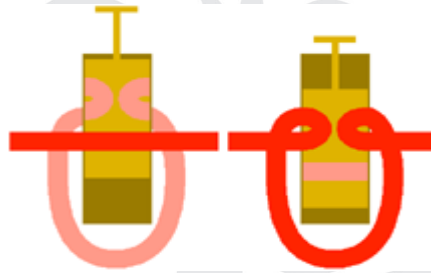


圖 3：按鍵改變空氣柱長度示意圖

參、研究實施與設計

依據文獻探討設計本研究之系統與實驗內容規劃，以下說明系統架構，以及介紹實驗具體事項，再依據此流程進行設計與開發。

一、系統架構

本研究以培養小號學齡一年以上演奏者基本練習的習慣為主要目的，使用機器學習技術培養使用者基本練習的概念。著重使用者與系統之間的互動，是否在吹奏時有依照訓練要求做出改善。以及智能虛擬教練給予的建議與回饋對使用者的影響，觀察吹奏能力是否在訓練的前後有所進步。系統架構圖如：圖 4。

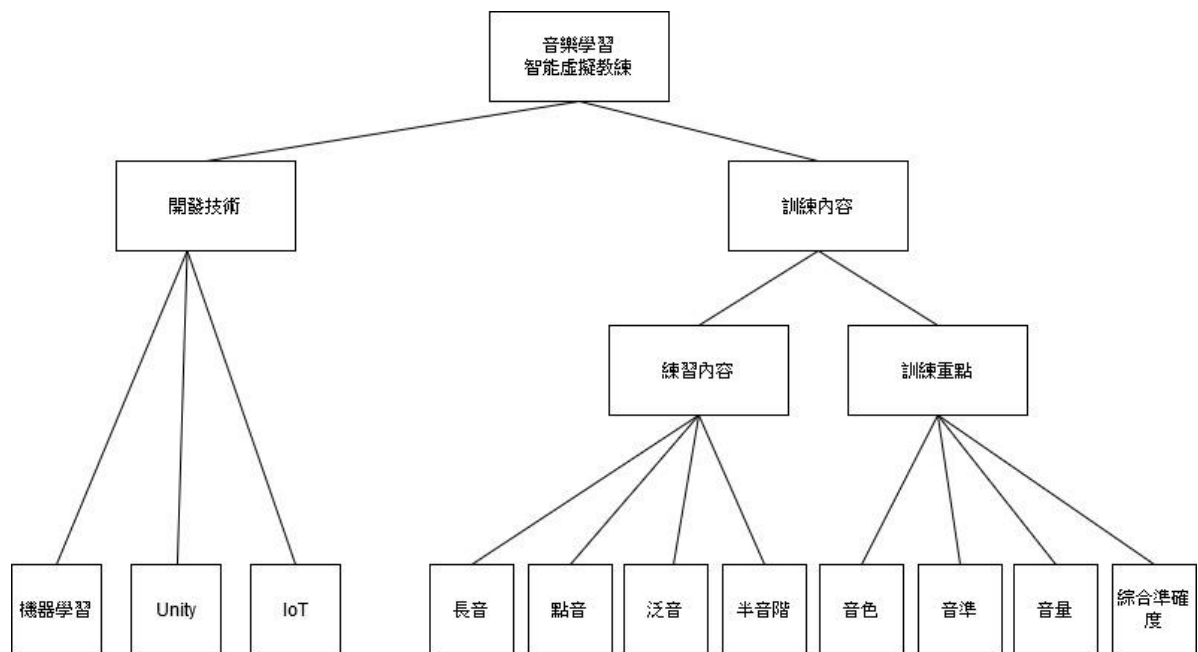


圖 4：系統架構圖

二、智能虛擬教練訓練內容規劃

一次完整的個人練習中，基本練習包含以下不同的吹奏目標：

(一)長音：

不中斷、穩定且能維持一段時間的音，訓練使用者呼吸穩定度。範例曲譜如：圖 5。



圖 5：長音範例圖

(二)點音：

長音的變化，氣的多寡不變，加了運舌以及腹部用力，訓練使用者的音型控制。範例曲譜如：圖 6。

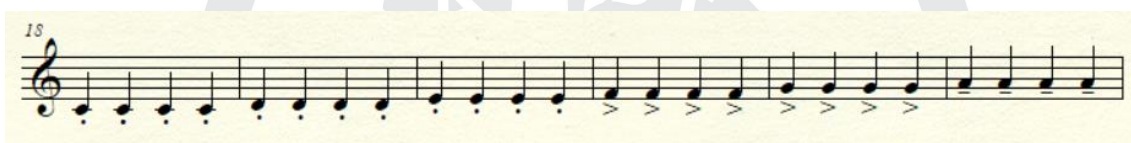


圖 6：點音範例圖

(三)泛音：

小號吹奏者可不改變指法，靠調整嘴唇的狀況吹出不同的泛音。使用者需練習及時轉換到正確的泛音。(例如小號同一指法的泛音列:Do、Sol、高音 Do、高音 Mi……) 範例曲譜如：圖 7。

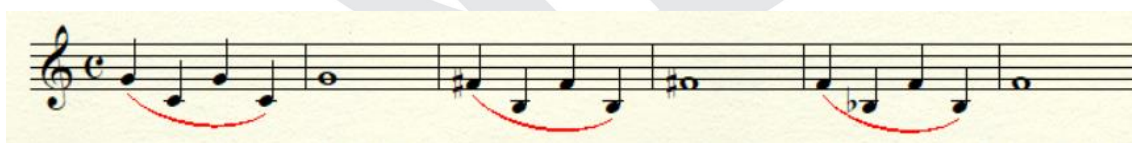


圖 7：泛音範例圖

(四)半音階：

訓練使用者手指以及運氣的配合與靈活度。範例曲譜如：圖 8。

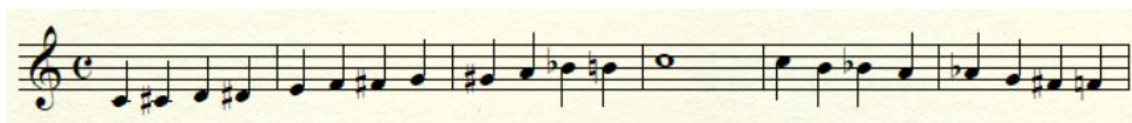


圖 8：半音階範例圖

智能虛擬教練將會在使用者吹奏時針對以下幾點做出建議，在吹奏結束時做出整體回饋。

(一)音色：

透過播放相對正確的共鳴音色，與使用者的聲音做對比，加強使用者對正確聲音的敏感度，並在判斷音色錯誤時給予回饋以及建議。

(二)音準：

判斷使用者的聲音頻率是否符合音準。若音準不符合，則系統依音準的偏離程度給予建議，例如調整樂器的調音管或是嘴型。

(三)音量：

為了樂曲的張力，增加音量的力度範圍(dynamic range)是使用者需訓練的部分，必須有辦法在保持一定的音色及音準下吹奏得更大聲或更小聲。

(四)音型：

樂譜上會標記不同的音型讓樂手詮釋。每個音都有形狀，例如斷奏(staccato)、重音(accent)、圓滑音(legato)等，都會有不同的運舌方式，需注意每個音的形狀，不可草率帶過，智能虛擬教練會判斷使用者的音型是否正確。

(五)綜合準確度：

提供常見教本中的經典練習，融合各種基本練習，常見教本(Arban, 2013)如：圖 9，並以普遍認定為正確的小號聲音，與使用者的聲音做對比，在練習中給予建議。



圖 9. 常見教本練習曲

三、 系統流程與操作設計

(一)系統流程

練習時將智能虛擬教練放置在旁，即開始訓練。系統流程圖如：圖 10。

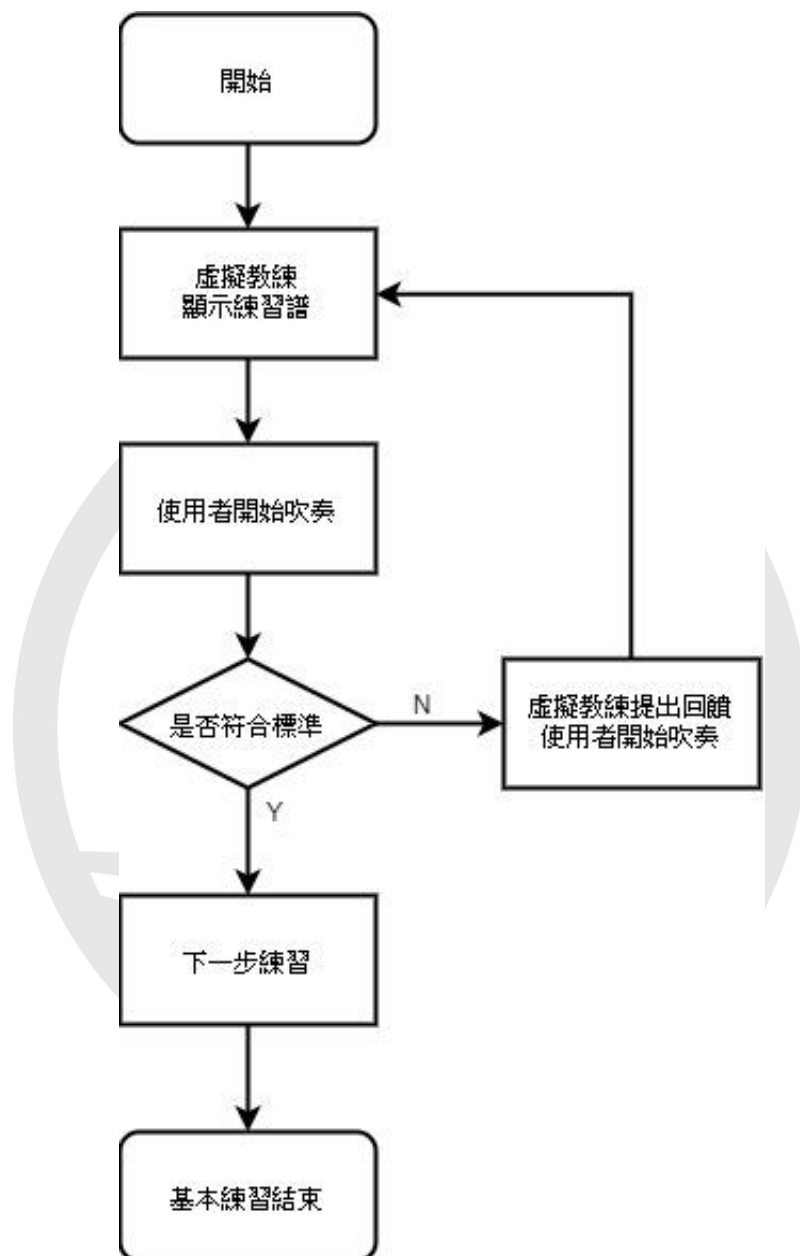


圖 10：系統流程圖

(二)系統操作設計

演奏者練習時將本系統放置在旁，與系統一邊練習一邊修正。操作情境圖如：圖 11。

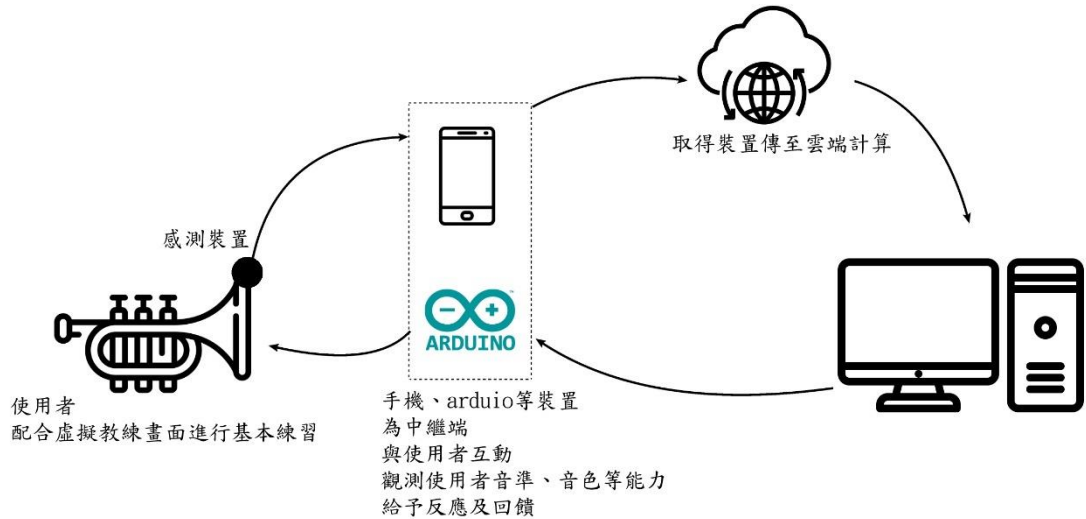


圖 11. 系統操作情境圖

肆、預期成果與未來展望

透過使用者的一次次練習，吹奏準確度的辨識將會越來越精準。運用系統本身的多個傳感器，透過雲端計算，將所得資料進行整理，傳至系統本體，並在視覺與聽覺上做出回饋，增加使用者練習意願、協助使用者評估練習成果。小號系統開發完成之後，再以發聲原理等相似性較高的其他樂器，如法國號、低音號等，為下一個研究目標。未來將繼續改良及開發，進而申請專利。為了使得這項研究能延續，將會轉移技術給相關產品開發者使用，以本計畫的研究成果，撰寫論文並發表於國際期刊。

參考文獻

一、中文部分

1. 田慧君、吳季嫻(2018年12月27日)。類神經網路模型應用於台灣加權指數。檢自 Neural Network:
<http://fmathweb4.pu.edu.tw/celebrate/celebrate16/group/group08/index.html#clients>
2. 拓璞產研 (2018年12月27日)。AI、5G 都靠它，邊緣運算夯什麼？。檢自 拓璞觀點：
<https://technews.tw/2018/05/16/edge-computing/>
3. 林東清(2019)。資訊管理 e 化企業的核心競爭力。元照出版有限公司。
4. 劉雲浩。(2010)。物聯網導論。北京: 科學出版社。

二、英文部分

1. Arban, J. B. (2013). *Arban's Complete Conservatory Method for Trumpet*. Allegro Editions.
2. Baines and Anthony (1993). *Brass instruments: their history and development*. Dover Publications.
3. Chen Yang, Weiming Shen, and Xianbin Wang (2018, 1). The Internet of Things in Manufacturing: Key Issues and Potential Applications. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, 6-15.
Dr. Peter and G. Gyarmati (2005). *Committee on Network Science for Future Army Applications*. National Academies Press.
4. Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito (2010, 5 31). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, p. 19.
5. Uckelmann Dieter, Isenberg Marc-André and Teucke Michael (2010). *Unique Radio Innovation for the 21st Century*. Berlin, Germany: Springer.