

微波及毫米波電路與系統(Microwave and MM Circuits and Systems)

近年來，毫米波與微波在系統上的發展朝向多元方向，尤其是針對民生問題所衍生的需求。最近的趨勢可以分成五個主要部分加以探討，分別是(1)應用於多標準的手持通訊系統所衍生出的多頻多模收發機的設計、(2)應用於臨床醫學的無線遠距非侵入式生醫感測系統、(3)應用於汽車防撞雷達的 77 GHz 的系統開發、(4)應用於探測農業生長、水文循環、與土壤濕度的微波與毫米波輻射計設計，以及(5)符合高速訊號系統所衍生出平衡式被動元件設計。以下分別就此五大項目來探討未來微波與毫米波系統之需求與方向。

1. 多模多頻收發機系統開發

現行多模態廣域(global area)與區域(local area)無線通訊系統包含手機行動通訊、區域行動通訊與個人區域(personal area)通訊。這些無線通訊中包含不同協定之標準，在電路系統方面來說，即需要處理多頻段與多模態的應用[15.1]。多模操作系統用於多種訊號調變共存之系統，從發射機架構來區分，一般有直接轉換發射機(direct-conversion transmitter)與極性迴路發射機(polar-loop transmitter)。針對多模操作主要的設計核心有多模操作功率放大器的設計、調變訊號系統之設計以及雜訊干擾抑制。對於多頻操作而言，則是著重於寬頻元件的設計使其可以涵蓋足夠的多頻系統之頻寬，或是多頻元件如可同時工作在毫米波與微波的多頻元件設計。而同時具備多頻多模需求之系統，則在發射機與接收機的設計上，需要同時考慮寬頻/多頻與多模態操作，增加了系統設計的複雜度。

在多頻多模系統設計上，研究方向有使用機械式的切換模態，亦即使用寬頻開關來實現模態切換[15.2]，以及針對多模系統使用匹配電路達成寬頻結構[15.3]。但在縮小化、低成本的考量下，選擇電路區塊共用的方式是未來發展的趨勢[15.4-15.6]。而如何有效共用區塊來解決系統同時具有分時多工與分頻多工之需求、並且解決匹配、抑制雜訊、與適當的轉換功率放大器的操作區域，也是未來研究亟待解決的課題。

2. 無線遠距非侵入式生醫感測系統

在目前生醫感測系統的開發上，除了遠距溫控與心跳監測外，在臨床上發現呼吸律動也是觀察病人身體狀態的重要指標[15.7]。其困難度在於每次呼吸的振幅、周期以及量測到的模式都不甚相同。一般無線感測系統開發需要考慮到病人的身體移動、背景噪音與量測系統本身的電子噪音，並加以區隔。由於生醫訊號強度較低，因此對於系統訊雜比的要求相對嚴格。

在微波與毫米波相關的系統開發而言，一般使用基於都卜勒雷達之發射接收系統。其基本原理使用連續波訊號源將電磁波傳遞至目標物，經目標物反射之後

於接收機收到後解調。隨著發射機頻率的提高，較短的偵測波長可以縮短偵測無效的區域，偵測到更為細微的擾動(如呼吸造成的人體移動)[15.8-15.10]。此外，對於抑制系統雜訊，透過改變系統架構，如使用非鎖相震盪器[15.11]、利用 I-Q 架構直接對訊號進行量測[15.12]或者利用雙旁波帶架構[15.8]，都可以有效的抑制雜訊進而增加系統靈敏度。然而高頻訊號在大氣下具有較高的散射與損耗。因此要如何在精確度與無線距離中做選擇是需要研究的議題。此外，由於臨床上需要即時訊號的取得，如何獲取正確的訊號將使系統的訊號調變與解調變技術與後段訊號處理都是需要深入研究的課題[15.13]。

3. 77 GHz 汽車防撞雷達系統

77GHz 為國際 ITS 協會所訂之汽車防撞雷達使用之頻率，因為頻率在相當高的 W-頻段，技術門檻相對較高。過去，汽車防撞雷達相關研究，國內有台大、交大等研究團隊多年來不斷的努力[15.14]。目前，無論在毫米波天線、主被動電路、射頻晶片等都有相當不錯的成果，在 FMCW 雷達訊號處理方面也具有很不錯的基礎。因為此系統技術層次極高，商機也很大，應該本著既有成果繼續投入研究，期能將所有最先進之毫米波技術整合成一個具商業競爭力的成品。此外，毫米波雷達在車與車間之通訊上之應用也逐漸受到重視。[15.15]

4. 毫米波與微波輻射計

有鑑於八八風災造成的傷害，政府亟於尋求一些預警方案，星載毫米波與微波輻射計可偵測土壤含水度、與海面溫度、海水鹽度，雲頂含冰情況以及區域降雨狀況，同時不受雲層可見度之限制，是一個相當優秀的選擇。透過由衛星上監測到之大氣背景亮度溫度來進行後置模型分析。在通訊通道上，每個通道可採用雙極化的方式，再搭配多頻系統，不同的頻率與極化組合可以用來獲取許多地理參數，如海平面溫度、海平面風速以及大海冰層型態等[15.16]。然而，外界的氣候影響會對於輻射計量測造成誤差，為此，目前許多研究團隊致力於量測模型建置，例如減緩降雨模型用以克服天線罩上的冰與水氣所造成的量測誤差[15.17]、修正雪覆蓋表面積與水蒸氣之間的水文循環之雪水等校模型[15.18]，以及正確描述水蒸氣吸收之等效模型[15.19]。

在輻射計量測當中，天線的指向性(directionality)與交叉極化(cross polarization)效應會造成量測上的誤差，如何去除天線所造成的誤差是重要的研究課題[15.20, 15.21]。另外，射頻干擾會污染量測資料，有效去除射頻干擾的技術也是亟待解決的問題[15.22, 15.23]。除了誤差估算之外，對於輻射計靈敏度與線性度分析也是重要的課題[15.24]。透過表面土壤濕度與植叢含水量的偵測可以用來估算靈敏度，並且發展在不同頻帶下的靈敏度估算方式，對於多頻帶輻射計設計能更精準的用來決定各元件所需要之規格。

5. 微波與毫米波平衡式被動電路

因應近年微波與毫米波 RF 晶片平衡化之發展趨勢，相對應的平衡式微波與毫米波被動電路需求也有急速增加的趨勢。目前，在研究方面仍是以平衡式濾波器為最多[15.25-15.29]，這方面新進的發展除了小型化需求以外，多頻平衡式濾波器也很受研究者注意，另外對於濾波型態可調(如帶通與帶止利用 PIN 二極體進行互換)及共模拒斥設計也頗受重視，此為往後數年值得發展的平衡式濾波器研究。除平衡式濾波器以外，平衡式耦合器[15.30]、平衡式功率分配器、平衡式移相器、與平衡式開關器等也會受到愈來愈多的關注與研究。

參考文獻

- [15.1] E. McCune, "High-efficiency, multi-mode, multi-band terminal power amplifiers," *IEEE Microw. Mag.*, Mar. 2005.
- [15.2] A. Scuderi, C. D. Presti, F. Carrara, B. Rauber, and G. Palmisano, "A stage-bypass SOI-CMOS switch for multi-mode multi-band application," in *IEEE RFIC Symp.*, 2008.
- [15.3] J. Kim, F. Mkadem, and S. Boumaiza, "A high efficiency and multi-band/multi-mode power amplifier using a distributed second harmonic termination," in *Proc. 5th European Microw. Integrated Circuits Conf.*, 2010.
- [15.4] T. Tsukizawa, M. Nakamura, G. Do, M. Igarashi, and K. Ishida, "Iso-less, saw-less open-loop polar modulation transceiver for 3G/GSM/EDGE multi-mode/multi-band handset," in *IEEE Int. Microw. Symp.*, 2010.
- [15.5] M. Shimosawa, N. Suematsu, and H. Harada, "RF-IC for multi-band multi-mode transceiver," in *IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, Mobile Radio Communication*, 2009.
- [15.6] N. Suematsu, "Si-RFIC technologies for multi-band multi-mode wireless terminals," in *China-Japan Jt. Microw. Conf. Proc.*, 2011.
- [15.7] M. R. Neuman, "Measurement of vital signs: breathing rate and pattern," *IEEE Pulse*, Jan. 2011.
- [15.8] Y. Xiao, J. Lin, O. Boric-Lubecke, and V. M. Lubecke, "Frequency-tuning technique for remote detection of heartbeat and respiration using low-power double-sideband transmission in the Ka-band," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, Vol. 54, no. 5, May 2006.
- [15.9] D. T. Petkie, C. Benton, and E. Bryan, "Millimeter wave radar for remote measurement of vital signs," in *IEEE Radar Conf.*, 2009.
- [15.10] H. R. Chuang, T. H. Huang, F. L. Lin, H. C. Kuo, C. S. Kuo, and Y. W. Ou, "Experimental study of 60-GHz millimeter-wave life detection system (MLDS) for noncontact human vital-signal monitoring," *IEEE Sensor J.*, 2011.
- [15.11] F. K. Wang, C. J. Li, C.H. Hsiao, T. S. Horng, J. Lin, K. C. Peng, J. K. Jau,

- J.Y. Li, and C. C. Chen, "An injection-locked detector for concurrent spectrum and vital sign sensing," in *IEEE Int. Microw. Symp.*, 2010.
- [15.12]S. Bakhtiari, S. Liao, T. Elmer II., N. Gopalsami, and A. C. Rapits, "A real-time heart rate analysis for a remote millimeter wave I-Q sensor," *IEEE Trans. Biomed. Engineering*, vol. 58, no. 6, June 2011.
- [15.13]A. Host-Madsen, N. Petrochilos, O. Boric-Lubecke, V. M. Lubecke, B. K. Park, and Q. Zhou, "Signal process methods for Doppler radar heart rate monitoring," in *IEEE Workshop on Signal Processing System*, 2010.
- [15.14]G. F. Cheng, T. H. Ho, W. T. Wang, C. Y. Chang, S. J. Chung, "Highly integrated automotive," *Electron. Lett.*, vol. 43, issue 18, 2007.
- [15.15]M. Heddebaut, F. Elbahhar, C. Loyez, N. Obeid, N. Rolland, A. Rivenq, and J. M. Rouvaen, "Millimeter-wave communicating-radars for enhanced vehicle-to-vehicle communications," *Transportation Res. Pt. C*, vol. 18, 2010.
- [15.16]Y. Zhang, S. Zhang, Y. Huang, J. He, and F. Sun, "Ground-based microwave radiometer design and real-time calibration for ocean remote sensing," in *Proc. Int. Symp. Signals, Systems, and Electronics*, 2010.
- [15.17]R. Ware, D. Cimini, P. Herzegh, F. Marzano, J. Vivekanandan, and E. Westwater, "Ground-based microwave radiometer measurements during precipitation," in *8th Specialist Meeting on Microwave Radiometry*, 2004.
- [15.18]L. Jiang, J. Shi, S. Tjuatja, K. S. Chen, J. Du, and L. Zhang, "Estimation of snow water equivalence using the polarimetric scanning radiometer from the cold land processes experiments (CLPX03)," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 8, no. 2, Mar. 2011.
- [15.19]V. H. Payne, E. J. Mlawer, K. E. Cady-Pereira, and J. L. Moncet, "Water vapor continuum absorption in the microwave," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 49, no. 6, Mar. 2011.
- [15.20]S. B. Kim, F. J. Wentz, and G. Lagerloef, "Effects of antenna cross-polarization coupling on the brightness temperature retrieval at L-band," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 49, no. 5, May 2011.
- [15.21]D. M. Le Vine, E. P. Dinnat, S. D. Jacob, S. Abraham, and P. de Mattheaieis, "Impact of antenna pattern on measurement of the third Stokes parameter from space at L-band," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 49, no. 1, Jan. 2011.
- [15.22]E. Anterrieu, "On the detection and qualification of RFI in L1a signals provided by SMOS," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, 2011.
- [15.23]M. Parde, M. Zribi, P. Fanise, and M. Dechambre, "Analysis of RFI issue using the CAROLS L-band experiment," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 49, no. 3, Mar. 2011.

- [15.24]J. C. Calvet, J. P. Wigneron, J. Walker, F. Karbou, A. Chanzy, and C. Albergel, "Sensitivity of passive microwave observations to soil moisture and vegetation water content: L-band to W-band," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol. 49, no. 4, Apr. 2011.
- [15.25]L. S. Wu, Y. X. Guo, J. F. Mao, and W. Y. Yin, "Design of a substrate integrated waveguide balun filter based on three-port coupled-resonator circuit model," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 21, no. 5, May, 2011.
- [15.26]H. Zhang, J. Shao, Song, Tan, and K. J. Chen, "Design of dual-band coupled-line balun," in *Int. Workshop Antenna Technol.*, 2011.
- [15.27]J. Shi and Q. Xue, "Dual-band and wide-stopband single-band balanced bandpass filters with high selectivity and common-mode suppression," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, Vol. 58, no. 8, Aug. 2010.
- [15.28]G. S. Huang and C. H. Chen, "Dual-band balun bandpass filter with hybrid structure," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, 2011.
- [15.29]M. Tamura, T. Yang, and T. Itoh, "Very compact and low-profile LTCC unbalance-to-balanced filters with hybrid resonators," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, 2011.
- [15.30]K. W. Hamed, A. P. Freundorfer, and Y. M. M. Anrar, "A new broadband monolithic passive differential coupler for k/ka-band applications," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, Vol. 54, no. 6, Aug. 2006.