

何謂真正 5G？及為何頻譜是如此重要？

流動電話服務已面世超過 30 年。期間，此服務由一項提供簡單純話音的奢侈服務（1G），演變至一項人人皆在使用可與固網寬頻服務相比的傳輸速度來提供話音及視象的服務（4G）。現時這項服務正處於飛躍至 5G 節點上。下一代流動通訊服務將會聯繫人與物。真正 5G 將會是未來，智慧城市及數碼經濟的基礎建設。真正 5G 並非簡單地比 4G 更快速的問題，這是一項重大的改變以支持廣泛的嶄新、高速、具創意的服務及應用。

流動通訊科技的歷史

自從在 1980 年中期推出以來，蜂窩技術經歷了四個世代科技的重大的發展。每一代都代表著流動寬頻性能的重大技術突破（速度及容量），一如圖 1 所示。科技的進步能使服務從 2G 的簡單話音通話及短訊；演變至 3G 數據傳輸速度達 42Mbps 的流動寬頻；及進一步至 4G 數據傳輸速度由 150Mbps 至 1Gbps 的更快速 LTE 流動寬頻。

4G 的速度及容量已能為大眾市場提供高清視象服務包括 YouTube、Facebook 及 WhatsApp 等。隨著技術演進至真正 5G，預期將會帶來全新範式具創意的服務及應用：具備智能及綠色大廈的智能城市、環保及節省能源的智能電網/電錶或漏水偵察裝置；具備環保自動化汽車的智能交通；協作機械人與人們共同生產或救災；360° 視象遠程監控、透過擴增實境探索城市等¹。

續...

¹ 請參閱圖 2 及附註 1 有關真正 5G 有可能提供的服務及應用的更多例子。

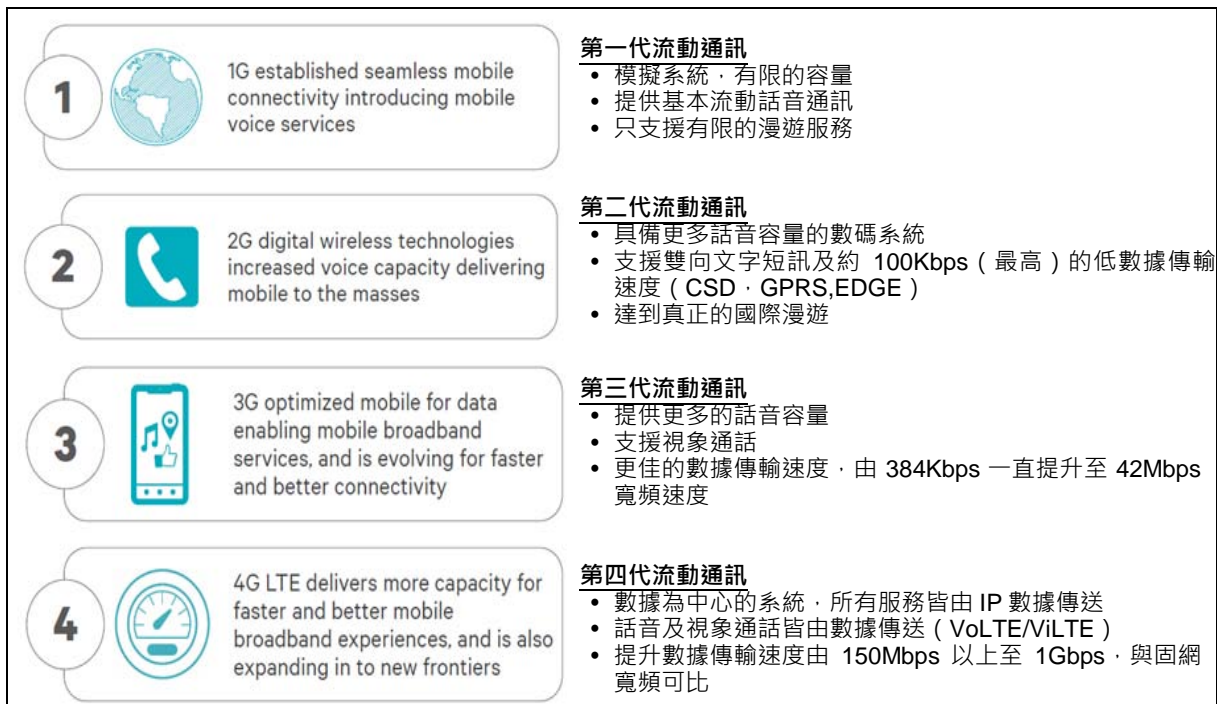
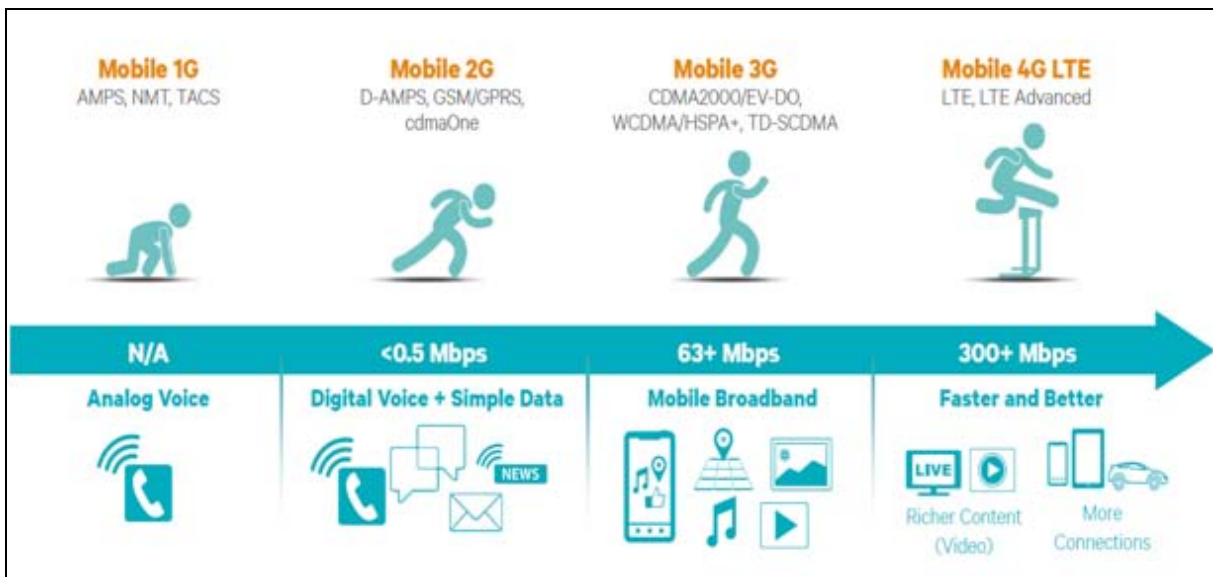


圖 1: 每一代流動通訊的性能改進²

續...

² Qualcomm, "The Evolution of Mobile Technologies: 1G -> 2G -> 3G -> 4G LTE", June 2014
<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/the-evolution-of-mobile-technologies-1g-to-2g-to-3g-to-4g-lte.pdf>

對頻譜的含義

每一代流動通訊科技，對頻譜的需求都會顯著增加。2G 的頻譜要求是 1G 的 8 倍；3G 的頻譜要求是 2G 的 25 倍；4G 的頻譜要求是 3G 的 4 倍。表 1 提供每一代流動通訊技術對頻譜的需求及頻譜頻帶的數量的增加。真正 5G 同樣需要更多頻譜，也需要更多的頻寬及低延緩（延遲）。





Mobile Generation	Technology	3GPP Release	User Speed		Carrier Bandwidth	Number of Bands	Amount of Spectrum
			Download	Upload			
1G	TACS / AMPS		voice only	voice only	25/30kHz	2	140 MHz
2G	GSM		14.4 Kbps	14.4 Kbps	200kHz		
	GPRS		53.6 Kbps	26.8 Kbps			
	EDGE		217.6 Kbps	108.8 Kbps			
3G	UMTS	Rel 99	384 Kbps	128 Kbps	5MHz		
	HSPA	Rel 5	7.2 Mbps	3.6 Mbps			
	HSPA+	Rel 6	14.4 Mbps	5.76 Mbps			
	HSPA+	Rel 7	21.1 Mbps or 28 Mbps	11.5 Mbps			
	HSPA+	Rel 8	42.2 Mbps	11.5 Mbps			
	HSPA+	Rel 9	84.4 Mbps	11.5 Mbps			
	HSPA+	Rel 10	168.8 Mbps	23.0 Mbps			
4G	LTE	Rel 8	100 Mbps	50 Mbps	20MHz	68	2350 MHz
	LTE-A	Rel 12	1 Gbps	500 Mbps			

表 1: 按每一代流動通訊技術，對頻譜的需求及頻帶數量均在增加³。

續...

³ AMPS specifications; TACS specifications; 3GPP TS25.331; 3GPP TS36.306; 3GPP TS36.104

何謂真正 5G 及為何頻譜如此重要？

真正 5G 的應用推動一個完全流動及聯網的社會，支援無數的新興的應用，一如圖 2 所示：

- 無處不在的視頻：擴增實境、虛擬實境、三維 (3D) 服務
- 高速移動：在時速每小時 500 公里下為最多 1000 名乘客提供流動通訊服務
- 極端的實時通訊：用戶的流通量 (1Gbps) 及延緩時間 (少於 1 毫秒)
- 超可靠通訊：自動化駕駛、協作型機械人、公共安全

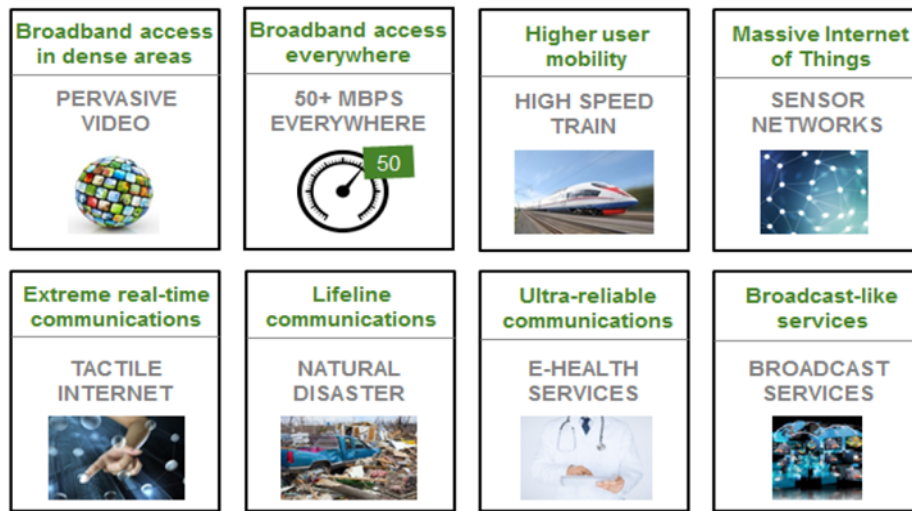


圖 2: 真正 5G 應用實例⁴

這些真正 5G 應用都要求超快速數據傳輸速度 (在家中或辦公室高達 1Gbps 及在其他地方最少達 50Mbps) 及超短延緩 (在應用如自動化駕駛、遙控機械人 (手術) 、感知網絡低至 1 毫秒延緩) 以確保最佳質量及最快的傳送。

超快速數據傳輸需要很寬闊的頻寬；須使用 100 兆赫(100MHz)以上的頻帶。這是 4G 所需最少 5 倍的頻寬，這額外的頻寬遠超被分配作前代流動通訊服務的頻帶可提供的。雖然市場有很多有關 4.5G 及 5G 的說法，但事實是真正 5G 所要求的不能透過只提升現有 4G 頻譜作更高速度傳輸，或簡單地將香港現時被 2G/3G/4G 使用的 582 兆赫的頻譜重新整理而達到的。

續...

⁴ NGMN, "5G White Paper", Feb 2015

真正 5G 是系統中的系統。真正 5G 的建構與 4G 相比是很大的不同，才能支援嶄新及新興的服務及應用。國際電信聯盟(ITU)已為 5G 發展定義了清晰的路線圖。這不是一項演進；新一代的技術轉變是在標準上的一次階段性轉變。真正 5G 的架構將會被革新至：

- 雲端無線接入網絡/移動網路邊界運算：容許低延緩（由 10 毫秒至 1 毫秒）支援低延緩應用（自動化駕駛等）
- 網絡切片技術：容許網絡去劃分不同的「片狀資源」，在無線接入網至核心網的每一個部份，都容許「單一」的 5G 網絡實現十分多元化之應用。

真正 5G 對流動網絡服務營運商及政府政策的含義

真正 5G 並非 eMBB 增強流動寬頻（這是 4G 的焦點）。真正 5G 亦是 mMTC 大規模機器通訊及 URLLC 高可靠、低延緩通訊。這些應用在高數據速度、低延緩、室內覆蓋滲透率、大量連線及可靠度的特定表現指標都有所要求。不同的頻譜頻帶會有不同的用途。高頻帶可提供超快速數據傳輸速度，但在廣泛覆蓋上則不理想；低頻帶則可穿透大廈作室內覆蓋，但沒有足夠的頻寬作高速數據傳輸。因此，頻譜分配不能再如以往，將注意力只放在流動寬頻時般劃一考慮。真正 5G 的頻譜分配需要對這些不同的需求作透徹的認識及考量如何應對。這是一個急劇的需求變化，並須考慮各種不同場景（eMBB、mMTC 及 URLLC）作前瞻性的思維及謹慎的籌劃⁵。

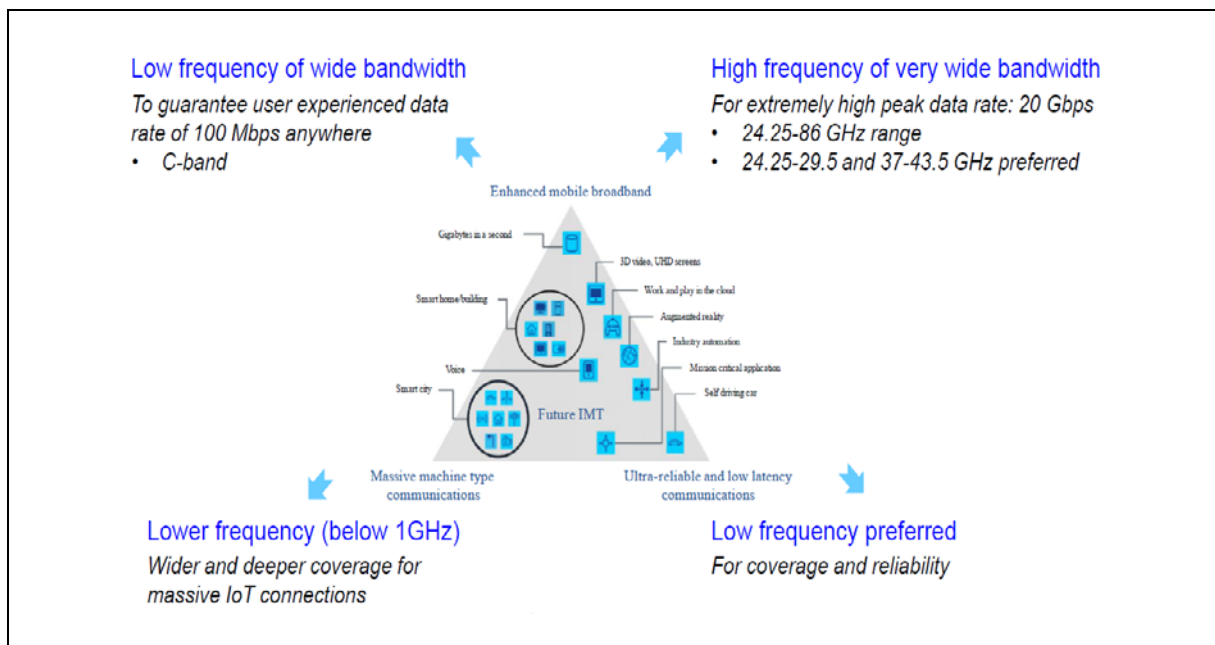


圖 3: 國際電信聯盟- 5G 的願景⁶

續...

⁵ For more examples and further detail regarding the considerations for each scenario, please see Annex 1.

⁶ ITU-R, "IMT Vision – Framework and Overall Objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond", Sep 2015
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!!PDF-E.pdf

基於這些要求，國際電信聯盟在 6 吉赫(6GHz)以下的低頻帶尋求頻帶，並將之由廣播用途重整作流動通訊服務，以及在 6 吉赫(6GHz)以上的高頻帶 (24 吉赫(24GHz)及以上的毫米波段頻帶) 尋找新的頻帶為 5G 提供充裕的頻譜帶寬。

運用甚高頻率的新頻帶將會為流動通訊業界帶來明顯的新挑戰。此外，全港亦須安裝大量的小型發射站 (可能是現有機站數量的 10 倍)。因此，落實真正 5G 是需要一段時間的。

政府在促進真正 5G 方面正在做甚麼？

很不幸地答案是「甚麼都沒有」。我們不清楚政府是否明白真正 5G 的所有含義。政府並沒有提供可用的頻譜，當局自 2013 已沒有供應新的頻譜，而一直最快至 2020 年也將不會有新增可供使用的頻譜。正如在香港電訊發出的「香港的頻譜供應」一文 (於 2017 年 1 月 10 日發出的)⁷ 所解釋，在 2015 年 11 月舉行的 2015 年世界無線電通訊大會上作出決定後，歐盟及英國已很快地及公開承諾會指派 700 兆赫(700MHz)及 3.5 吉赫(3.5GHz)的頻帶，供真正 5G 在 2020 年推出使用。日本、韓國及中國亦已正增加可供使用的頻譜以預備在 2020 年推出真正 5G。然而，在香港，通訊事務管理局辦公室在未來最少三年沒有新增可用的頻譜。

總結

真正 5G 不會自然發生的。真正 5G 是一個流動通訊上的飛躍式發展並保證會全面釋放智能化、高速、對頻寬需求甚殷的服務。為使香港再一次成為領先全球的電訊樞紐並在 2020 推出真正 5G，政府需要提供頻譜，並協助營運商進入政府控制的多個新地點以安裝小型發射站。

看來，目前通訊事務管理局辦公室只專注於 900 兆赫(900MHz)及 1800 兆赫(1800MHz)頻譜的重新拍賣以(a)儘量達到政府最大的財務特殊收益；及(b)容許營運商以重整頻譜方式作 4G 用途 (而營運商刻下已正在進行重整) ；這是極為短視的政策。

在我們快踏進下一個十年時，通訊事務管理局辦公室應為 5G 服務將出現作好準備。令人失望地政府並沒有這樣做。反之，政府袖手旁觀，因為當局已紀錄在案表明了只有「零」新增可供使用頻譜。

香港電訊有限公司

2017 年 2 月 8 日

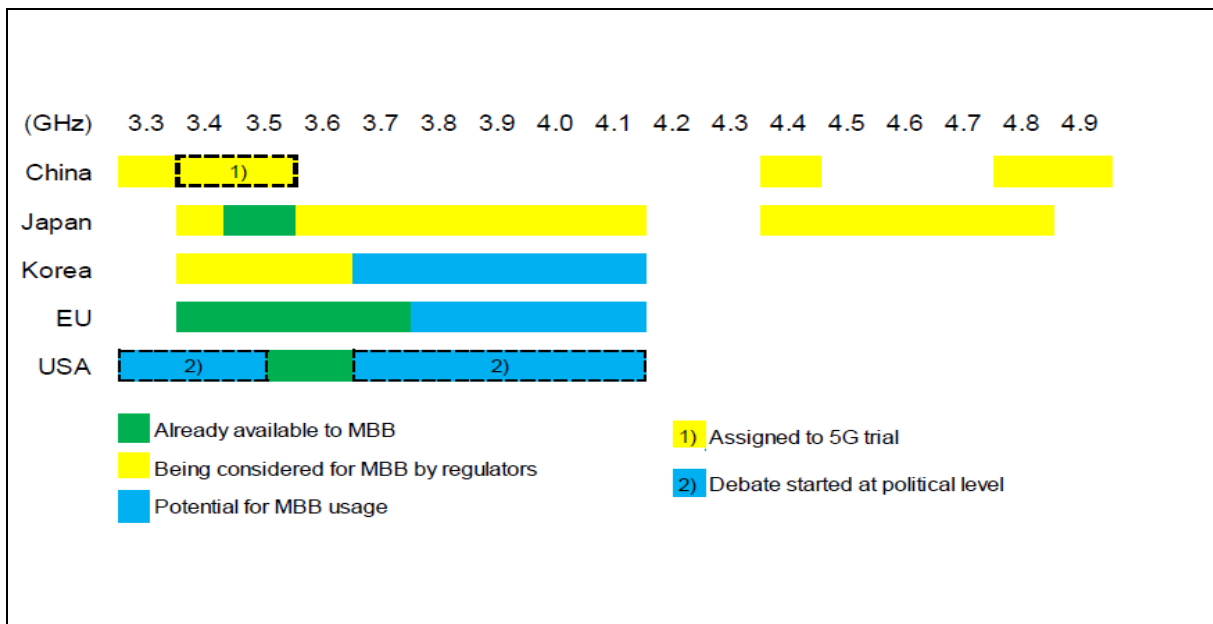
⁷ HKT, " Spectrum Supply in Hong Kong", 10 Jan 2017
<https://www.hkt.com/staticfiles/PCCWCorpsite/Press%20Release/2017/Jan/20170110e%20Spectrum%20Supply%20Paper.pdf>

附件 1：真正 5G 的應用場景及對頻譜的要求

1. 增強流動寬頻 eMBB

增強流動寬頻(eMBB)應對以人為中心並關乎存取多媒體內容、服務及數據的使用案例。隨著流動寬頻服務對頻譜需求上升，2015 年世界無線電通訊大會便在 6 吉赫以下頻帶為真正 5G 識別了新的頻帶：(a)在 700 兆赫頻帶 (694-790 兆赫) 的數碼紅利，及(b)在 C 頻段(C-Band)較低頻寬部份 (3.4-3.6 吉赫)。這些頻譜分配已幾乎確認了首批供商用部署的 5G 設備會在全球協調的 700 兆赫及 C 頻段較低部份運作。有關此兩頻帶的詳盡解說可參閱我們早前發出的「香港的頻譜供應」文章⁷。

除了 700 兆赫及 C 頻段較低部份頻帶外，2015 年世界無線電大會中亦決定識別更多的頻帶供 2019 年世界無線電大會考慮，以配合真正 5G 技術對更大容量的需求。領先國家已為低於 6 吉赫以下頻帶的候選頻帶制定更具前瞻性的頻譜計劃。

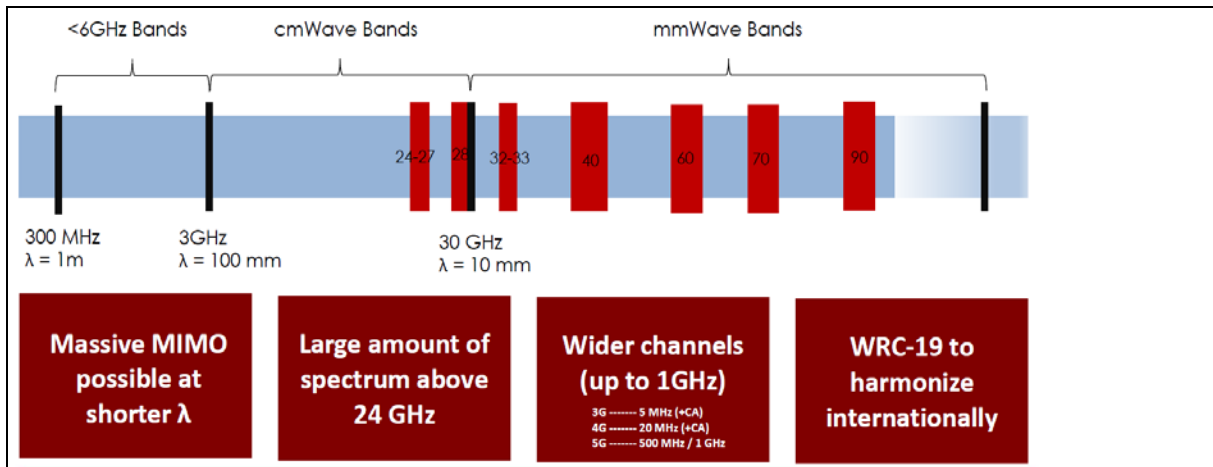


圖A: 領先國家考慮的候選頻帶供 2019 年世界無線電通訊大會研究⁸

續...

⁸ GSA, "5G Vision, Characteristics and Requirements", Jun 2016 <http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2016/08/GSA-5G-Spectrum-update.pdf>

至於有關 24 吉赫以上的毫米波段頻帶，不同國家已研究各候選頻帶。



圖B: 領先國家正考慮的候選毫米波段頻帶供 2019 年世界無線電通訊大會研究⁹

- 歐盟無線頻譜政策小組¹⁰專注於研究 24.25-27.5 吉赫，31.8-33.4 吉赫及 40.5-43.5 吉赫頻帶。
- 英國OFCOM¹¹正在研究 24.5-27.5 吉赫或 31.8-33.4 吉赫頻帶，可否用作早期 5G 部署。
- 美國聯邦通訊事務委員會¹²採用了新的規例，以供 28 吉赫 (27.5-28.35 吉赫)、37 吉赫 (37-38.6 吉赫) 及 39 吉赫 (38.6-40 吉赫) 頻帶作流動及固網用的無線寬頻。

現時在 24 吉赫以上頻帶並未達成任何全球協調的安排。直至 2019 年世界無線電通訊大會作出決定前，網絡設備供應商利用毫米波段技術主要將會用作測試之用。

2. 大規模機器通訊 mMTC

大規模機器通訊(mMTC)是為非常大量的已聯網設備而設計，一般而言會傳送相對少量數據的非時延敏感的訊息。大規模機器通訊對真正 5G 願景是重要的，因這是涉及與物件的聯繫。這是一般被稱為物聯網，包括聯網的設備、傳感器及致動器。應用場景包括智能電網、智能農業、智能城市及智能交通。

續...

⁹ Qualcomm, "The Promise of 5G mmWave", 22 Jun 2016

¹⁰ EU Radio Spectrum Policy Group, "Strategic Roadmap towards 5G for Europe", 9 Nov 2016 http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf

¹¹ OFCOM, "Mobile Data Strategy", 30 Jun 2016 https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/79584/update-strategy-mobile-spectrum.pdf

¹² FCC, "FCC takes steps to facilitate Mobile Broadband and Next Generation Wireless Technologies in Spectrum above 24GHz", 14 Jul 2016, https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-340301A1.pdf

2a. 窄帶物聯網 NB-IoT 或 LTE-M 網絡

智能電網、智能農業及智能城市的性質有特定的網絡要求(a)巨額數量的連線（如每個發射站 10,000 連接），(b)電池壽命達 10 年；及(c)在郊區有廣泛覆蓋或深入的室內滲透率有令訊號有 10-20dB 的提升。為有利廣泛覆蓋，最常用的會是低於 1 吉赫的低頻帶如 700 兆赫和 850/900 兆赫。

英國OFCOM¹³更考慮使用位於 55-68 兆赫、70.5-71.5 兆赫及 80.0-81.5 兆赫的甚高頻頻帶，在偏遠及郊區的智能農業供物聯網服務及機器對機器應用。

2b. 車聯網網絡 V2X

智能交通系統是智能城市其中一個動力。智能交通系統重點在於令交通更安全、更有效率及令城市更可持續發展。圖 C 展示以車聯網（Vehicle-to-Everything (V2X)）的連接的智能交通系統的網絡基建，包括車與基建（Vehicle-to-Infrastructure），車與網絡（Vehicle-to-Network），車與行人（Vehicle-to-Pedestrian）及車與車（Vehicle-to-Vehicle）。



圖C: 車聯網的網絡架構¹⁴

車與車（V2V）之間直接連線可讓大眾分享汽車資訊以確保道路安全。一條專用的 5.9 吉赫的頻帶已被分配專為智能交通系統使用，以防止不必要的干擾。

- 美國: 在 5.850-5.925 吉赫中有 75 兆赫
- 歐洲: 在 5.855-5.925 吉赫中有 70 兆赫
- 中國: 5.905-5.925 吉赫中有 20 兆赫

在香港，5.850-5.925 吉赫的頻帶目前被指配為豁免牌照的頻段。香港有需要以前瞻性的頻譜計劃將 5.9 吉赫頻帶重整作為智能交通系統之用。

續...

¹³ OFCOM, "VHF Radio Spectrum for the Internet of Things", 2 Mar 2016
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0029/78563/vhf-iot-statement.pdf

¹⁴ Qualcomm, "Leading the world to 5G: Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) Technologies", Jun 2016

3. 高可靠、低延緩通訊 URLLC

高可靠、低延緩通訊是為對延緩及可靠度有嚴格的網絡要求而設。LTE/5G 技術有能力去達到這些延緩及可靠度的要求，特別適合作公共安全服務。由於 Tetra 網絡快將過時，目前是一個黃金機會以 LTE/5G 取代 Tetra 技術。

將 UHF 頻帶重新整合以供涉及公共安全的 LTE 網絡部署是極富挑戰性的。因此，有必要以全新的頻帶去興建一個新的以 LTE 為基礎的公共安全網絡，以作為 Tetra 轉移安排。