

海外におけるTVホワイトスペース利用システムに関する検討状況

独立行政法人 情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク研究所
スマートワイヤレス研究室

2011年10月11日

TVホワイトスペース利用システムに関して以下の項目についてまとめる

1. 米国FCCにおける技術基準の検討状況
2. 英国OFCOMにおける技術基準の検討状況
3. カナダ Industry Canadaにおける技術基準の検討状況
4. 米国IEEEにおけるTVホワイトスペース利用システムの標準化動向
 - 4.1 TVホワイトスペース利用システムの標準化
 - 4.1.1 IEEE802.22
 - 4.1.2 IEEE802.11af
 - 4.1.3 IEEE802.15.4m
 - 4.1.4 IEEE1900.7
 - 4.2 TVホワイトスペース利用システム実現のための要素技術の標準化
 - 4.2.1 IEEE802.19.1
 - 4.2.2 IEEE1900.4a
5. シンガポールIDAにおけるTVホワイトスペーストライアルの状況
6. 海外の動向から見るTVホワイトスペース利用システム実現のための技術基準策定にむけた提案

1. 米国FCCにおける技術基準の検討状況

参考文献

- [1] “Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands Additional Spectrum for unlicensed devices below 900 MHz and in the 3 GHz band,” Docket No. 04-186, Dec. 2004.
- [2] “SECOND REPORT AND ORDER AND MEMORANDUM OPINION AND ORDER,” Docket No. 08-260, Nov. 2008.
- [3] “OFFICE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY INVITES PROPOSALS FROM ENTITIES SEEKING TO BE DESIGNATED TV BAND DEVICE DATABASE MANAGERS,” DA 09-2479, Nov. 2009.
- [4] “SECOND MEMORANDUM OPINION AND ORDER,” Docket No. 10-174, Sept. 2010.
- [5] “ORDER,” DA 11-131, Jan. 2011.
- [6] “ORDER,” DA 11-1291, July 2011.

- 現在の状況
 - ▶ 2010年9月に、TVBDのための規則”Second Memorandum Opinion and Order”が発行されている
 - ▶ データベースのトライアルを実施中 (<http://whitespaces.spectrumbridge.com/Trial.aspx>)
- これまでの経緯

年月	内容	関連文章番号 (Docket No.)
2004年12月	FCCが規則案として “Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands”を提案	04-186
2008年11月	FCC が暫定規則”Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order”を施行	08-260
2009年6月	デジタルテレビ放送への移行	
2009年11月	FCC OETが、TVBDデータベース管理を行う認定を受けたい組織を募集	DA 09-2479
2010年9月	FCCが規則”Second Memorandum Opinion and Order”を確定版として発行	10-174
2011年1月	9つのデータベース管理組織が条件付きで選定される	DA 11-131
2011年7月	データベース管理組織を1社追加	DA 11-1291

- 用途別に、利用可能な周波数帯が規定
 - ▶ 出典: [4]
 - ▶ デジタルテレビ放送のチャンネル(6MHz幅)を基準に、ホワイトスペースデバイスの種類・タイプごとの利用可否を判断
 - ▷ 右図参照
 - ▶ 実際の利用は、6MHz幅に限定されない

TV Channel No	Freq. band (MHz)	TV Channel No	Freq. band (MHz)	TV Channel No	Freq. band (MHz)
2	54-60	19	500-506	36	602-608
3	60-66	20	506-512	37	608-614
4	66-72	21	512-518	38	614-620
5	76-82	22	518-524	39	620-626
6	82-88	23	524-530	40	626-632
7	174-180	24	530-536	41	632-638
8	180-186	25	536-542	42	638-644
9	186-192	26	542-548	43	644-650
10	192-198	27	548-554	44	650-656
11	198-204	28	554-560	45	656-662
12	204-210	29	560-566	46	662-668
13	210-216	30	566-572	47	668-674
14	470-476	31	572-578	48	674-680
15	476-482	32	578-584	49	680-686
16	482-488	33	584-590	50	686-692
17	488-494	34	590-596	51	692-698
18	494-500	35	596-602	52	698-704

Black: Fixed and Personal/Portable TVBD Devices
 Blue: Fixed TVBD Devices only
 Green: may be allocated to Wireless Microphones
 Red: No TVWS

- TVホワイトスペース利用可能システム ([4] APPENDIX B, 15.701)
 - ▶ TVホワイトスペース利用通信デバイス (Television band device: TVBD)
 - ▶ ワイヤレスマイク
- TVBDのカテゴリ ([4] APPENDIX B, 15.701, 15.707, 15.709)
 - ▶ 下表
- 一次利用者保護のための方策 ([4] APPENDIX B, 15.711, 15.712)
 - ▶ 一次利用システム (TVシステムのセンシング機能をTVBDに具備 *
 - ▶ 地理情報 (Geolocation) を測定するための機能をTVBDに具備 *
 - ▶ データベースの利活用
 - ▶ 送信のスペクトルマスク制限 * すべてのTVBDデバイスではない

カテゴリ	モード	概要
Fixed Device	なし	<ul style="list-style-type: none"> • 3, 4, 36, 37, 38chを除き、2~51chの利用が許されている • TV放送が行われている隣接チャンネルでは利用されない (may not operate) • 屋外アンテナを利用 • 利用可能チャンネルを決めるために、位置情報が利用でき、データベースにアクセスすることが必要 • 4W EIRP (最大1W/6MHzの出力、6dBiアンテナの利用)
	Mode1 (Client)	<ul style="list-style-type: none"> • 36, 37, 38chを除き、21~51chの利用が許されている • 100mW EIRP (隣接チャンネル使用時には40mWに制限) • Fixed/Mode2デバイスから、使用可能なチャンネルリストを取得する
	Mode 2 (Independent)	<ul style="list-style-type: none"> • 36, 37, 38chを除き、21~51chの利用が許されている • 100mW EIRP (隣接チャンネル使用時には40mWに制限) • 位置情報を利用したデータベースへのアクセスを元に、利用可能なチャンネルを決定する
Personal/Portable Device	Sensing-only	<ul style="list-style-type: none"> • 利用可能なチャンネルのリストを決定するためにスペクトラムセンシングを利用 • 36, 37, 38chを除き、21~51chの利用が許されている • 50mW EIRP (隣接チャンネル使用時には40mWに制限) • 必要に応じて512-602 MHz (TV channels 21-35) もしくは620-698 MHz (TV channels 39-51) でそのセンシング情報を送信 (必須ではない)

([4] APPENDIX B)

	Fixed device	Personal/portable device		
		Mode I (client)	Mode II (independent)	Sensing-only device
位置情報と精度・取得頻度	必須 +/- 50 m	不要	必須 +/- 50 m 60秒毎に取得	不要
データベースへのアクセス	必須 (起動時、1日に1回)	不要	必須 (起動時、1日に1回、 100m移動毎)	不要
センシング	不要	不要	不要	必須*
利用可能なチャンネル	2-51 (3, 4, 36-38を除く)	21-51 (36-38を除く)	21-51 (36-38を除く)	21-51 (36-38を除く)
最大出力(EIRP)	4W (1W/6MHz出力 + 6dBiアンテナ)	100 mW (隣接チャンネル使用 時は 40 mW)	100 mW (隣接チャンネル使用 時は 40 mW)	50 mW (隣接チャンネル使用時 は 40 mW)
データベースへの登録	必須	不要	不要	不要

* sensing-onlyデバイスについては、対象ごとに精度が定められている

- ATSC デジタルTV信号: 平均 -114dBm/6MHz
- NTSC アナログTV信号: 平均 -114dBm/100kHz
- ワイヤレスマイクを含むLow power auxiliary services: 平均 -107dBm/200kHz

- TVBDデバイスの隣接チャンネルへの放射電力は、利用中のチャンネルに対する最大平均出力より72.8dB以上低くなくてはならない([4] APPENDIX B, 15.709 (C)-(1))
- 利用中のチャンネルの放射電力の測定は、6MHz帯域の平均値で、また隣接チャンネルへの放射電力は最低100kHz幅の分解能を有するaverage detectorにて評価する ([4] APPENDIX B, 15.709 (C)-(2))

データベースの運用	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> 運用組織を2009年11月に募集、2011年1月に9組織を認定[5]、同7月に1組織追加認定 Comsearch, Google, Key Bridge, LS Telecom, Microsoft, Neustar, RadioSoft, Spectrum Bridge, Telcordia, WSdb
	トライアルの実施	<ul style="list-style-type: none"> 45日間、Spectrum Bridge社が構築したデータベースを一般公開 <ul style="list-style-type: none"> http://whitespaces.spectrumbridge.com/Trial.aspx TVBDの利用可能帯域情報が取得できること、また保護されるべき周波数が正常に記録されているか、検証を実施
データベースへのアクセス要件	位置情報	必須 (50 m程度の精度が必要、Mode 2デバイスは60秒毎に更新) ([4] APPENDIX B, 15.711 (b)-(1))
	アクセス頻度	必須: 起動時、及び24時間毎 Mode 2デバイスは、さらに100m移動毎 ([4] APPENDIX B, 15.711 (b)-(3))
	取得情報	その場所での利用可能なチャンネル番号リスト * ただし、Mode 2デバイスは他の位置に関する情報についても取得し得る ([4] APPENDIX B, 15.711 (b)-(3))
データベースによる保護対象		<ul style="list-style-type: none"> デジタルテレビ放送局(station), デジタル/アナログ クラスAテレビ TV translator, Low Power TV, TV booster stations, Multi-channel Video Programming Distributor receive sites Fixed Broadcast Auxiliary Service Links ワイヤレスマイクを含むLow power auxiliary services 電波天文拠点 ([4] APPENDIX B, 15.712)

項目	TVBD	ワイヤレスマイク
免許	不要	<ul style="list-style-type: none"> • 要(FCC規則Part74SubpartH) 免許人は、AM, FM, TV stations, broadcast networks and cable television systems operators, motion picture and television program producers, and certain Broadband Radio Service and Educational Broadcast Service Stationsに限定。 • 不要(専用チャンネルのみ利用可FCC規則Part15)
他システムとの関係	<ul style="list-style-type: none"> • アナログ及びデジタル地上放送に混信を与えてはならない。(FCC規則Part15 Section 15.712) • 免許要のワイヤレスマイクは干渉を回避される(2nd report and order) • 登録されたワイヤレスマイクの1Km(固定局)以内または400m(可搬またはパーソナル)以内での利用禁止(FCC規則Part15 Section 15.712) 	<ul style="list-style-type: none"> • TV放送が優先される • 113KmTV放送局と離隔

2. 英国OFCOMにおける技術基準の検討状況

参考文献

- [1] “Digital Dividend Review: A statement on our approach to awarding the digital dividend”, Dec. 2007.
- [2] “Digital dividend: cognitive access Consultation on licence-exempting cognitive devices using interleaved spectrum”, Feb. 2009.
- [3] “Digital dividend: cognitive access: Statement on licence-exempting cognitive devices using interleaved spectrum”, July 2009.
- [4] “Digital Dividend: Geolocation for Cognitive Access: A discussion on using geolocation to enable licence-exempt access to the interleaved spectrum”, Nov. 2009.
- [5] “Implementing Geolocation”, Nov. 2010.
- [6] “Implementing Geolocation, Summary of consultation responses and next steps”, Sept. 2011.

- 現在の状況
 - ▶ 検討中

● これまでの経緯

* Licence-exempt device/access: 電波免許の取得が不要なデバイス/無線通信

年月	関連文章・出典	内容
2005年	Digital Dividend Review (DDR) project	<ul style="list-style-type: none"> • テレビ放送のデジタル移行により、新用途に利用可能な空き周波数帯をいかに創出するかを検討
2007年12月	“Digital Dividend Review: A statement on our approach to awarding the digital dividend”	<ul style="list-style-type: none"> • licence-exempt* デバイスによる空き周波数帯へのアクセスについて、テレビ放送やPMSEユーザを含む、現在および将来のライセンスユーザに悪影響(harmful interference)を与えない限り、アクセスを許すと結論
2009年2月	“Digital dividend: cognitive access Consultation on licence-exempting cognitive devices using interleaved spectrum”	<ul style="list-style-type: none"> • 単独でセンシングを行うlicence-exempt デバイスに求められるセンシング精度について諮問
2009年7月	“Digital dividend: cognitive access: Statement on licence-exempting cognitive devices using interleaved spectrum”	<ul style="list-style-type: none"> • センシング、データベース、ビーコンの3方式について言及
2009年11月	“Digital Dividend: Geolocation for Cognitive Access: A discussion on using geolocation to enable licence-exempt access to the interleaved spectrum”	<ul style="list-style-type: none"> • プライマリユーザの保護のための、位置情報データベース法について言及
2010年11月	“Implementing Geolocation”	<ul style="list-style-type: none"> • 位置情報に関する実装に関するコンソーシアム
2011年9月	“Implementing Geolocation, Summary of consultation responses and next steps”	<ul style="list-style-type: none"> • 諮問に対する回答に対する総括と、今後について言及

- TVWS帯 ([2], Sec. 2.1、[5], Sec A4.16)
 - ▶ 470-790MHz
 - ▶ TVWSデバイス、及びワイヤレスマイク(PMSE)が利用可能な周波数帯について検討中
 - ▷ 右図参照
- 他の公共サービスのために割り当てられている周波数帯についても利用される見込み

TV Channel No.	Frequency band (MHz)	TV Channel No.	Frequency band (MHz)	TV Channel No.	Frequency band (MHz)
21	470-478	37	598-606	53	726-734
22	478-486	38	606-614	54	734-742
23	486-494	39	614-622	55	742-750
24	494-502	40	622-630	56	750-758
25	502-510	41	630-638	57	758-766
26	510-518	42	638-646	58	766-774
27	518-526	43	646-654	59	774-782
28	526-534	44	654-662	60	782-790
29	534-542	45	662-670	61	790-798
30	542-550	46	670-678	62	798-806
31	550-558	47	678-686	63	806-814
32	558-566	48	686-694	64	814-822
33	566-574	49	694-702	65	822-830
34	574-582	50	702-710	66	830-838
35	582-590	51	710-718	67	838-846
36	590-598	52	718-726	68	846-854
				69	854-862

Red: Cleared channel, reserved for other services.

Green: Wireless microphone only

Blue: TVWS devices

Note: that this is the plan as of February 2009.

- TVホワイトスペース利用可能システム ([2] Sec. 2)
 - ▶ PMSE(programme making and special events:ワイヤレスマイク等)。日本の特定ラジオマイクに相当
 - ▶ 地方放送局
 - ▶ ホワイトスペース無線機

- ホワイトスペース無線機のカテゴリ ([5] Sec. 3.2)

カテゴリ	概要
Master device	<ul style="list-style-type: none"> • データベースにアクセスし、その地域で利用可能なチャンネル候補を取得 <ul style="list-style-type: none"> • デバイスの型番から、屋外アンテナの有無を判定 • Slave deviceを管理
Slave device	<ul style="list-style-type: none"> • Master deviceからチャンネル候補情報を取得し、直接データベースにはアクセスしない <ul style="list-style-type: none"> • Master deviceのみと通信を行う • 以下のときには直ちに送信を中止する <ul style="list-style-type: none"> ▶ Master deviceから指示を受けたとき ▶ 送信時に5秒以内にmaster deviceから応答が得られない場合

- 一次利用者保護のための方策(ホワイトスペース無線機) ([2] Sec. 1.10, [5] Sec. 1.12, [6] Sec. 2.11)
 - ▶ 地理情報(Geolocation)を測定するための機能の具備
 - ▶ データベースの利活用
 - * ビーコン方式については、インフラコストと、ビーコンの飛びすぎによる干渉発生の可能性を理由に見送られたが、新たな提案があった場合はこの結論について再検証するとしている。

位置情報	必須: (100 m程度の精度が必要) ([2] Sec. 1.10)
センシング	センシングの必要性はなし, 地理情報データベースのみを利用. (センシングに関しては今後検討) ([6] Sec. 2.11)
利用可能なチャンネル	470-790 MHz ([2] Sec. 2.1) Channels 21-30 (470-550 MHz) and channels 39-60 (614-790 MHz) (さらに、公共用通信帯域が追加になる見通し) ([6] Sec. 6.1)
送信出力	Spectrum mask, DTT(Digital Terrestrial TV), Geo-location, model number 等により計算. ([5] Sec. A4.8)
デジタルTV, PMSEの保護	デジタルTV: Co-channel 33 dB C/I, adjacent channel -17 dB C/I PMSE: Co-channel 38 dB C/I, adjacent channel -55 dB C/I ([4] Sec. 6.10, 6.11, 6.16)
データベースへのアクセス	必須: 起動時、及び2時間(もしくはデータベースが指定した時間)毎 (Master device: 直接, Slave device: Master device 経由) 位置情報、位置情報の精度(100m)、デバイスタイプ(Device model ID)、プリファレンス、アンテナ高等を通知 ([5] Sec. 3.13.2)
データベースの仕様	10秒以内に応答すること ([5] Sec. 5.7) 使用可能な周波数帯とそこでの最大出力、情報の有効時間、センシングに対する追加要求条件等を応答 ([5] Sec. 3.13.3) OFCOMが提示するデータベースリストの中から適したものにアクセス ([5] Sec. 2.33)

- PMSE, Programme-making and special eventsの保護手法
 - ▶ デジタルテレビ放送の保護基準に準じる ([4] Sec. 6.16)
 - ▷ Co-channel 38 dB C/I, adjacent channel -55 dB C/I
 - ▶ 低高度で運用されるPMSEデバイスに対して、OFCOMは独自に開発した伝搬モデルの利用を提案 ([5] Sec. A4.24)
 - ▷ データベースにおいて、利用可能な周波数帯と最大出力を計算する際に使用される
 - ▶ PMSEデバイスに対し、OFCOMがライセンスを即日発行可能とする。そのための方策として、以下の4案が考えられる。 ([4] Sec. 5.5, 5.6, 5.8, [6] Sec. 3.70)
 - ▷ デバイスへのアクセス頻度を上げる
 - ▷ PMSEのために空きチャンネルを用意しておく
 - ▷ デバイスに情報をpush配信する
 - ▷ PMSEのための保護エリアの提示

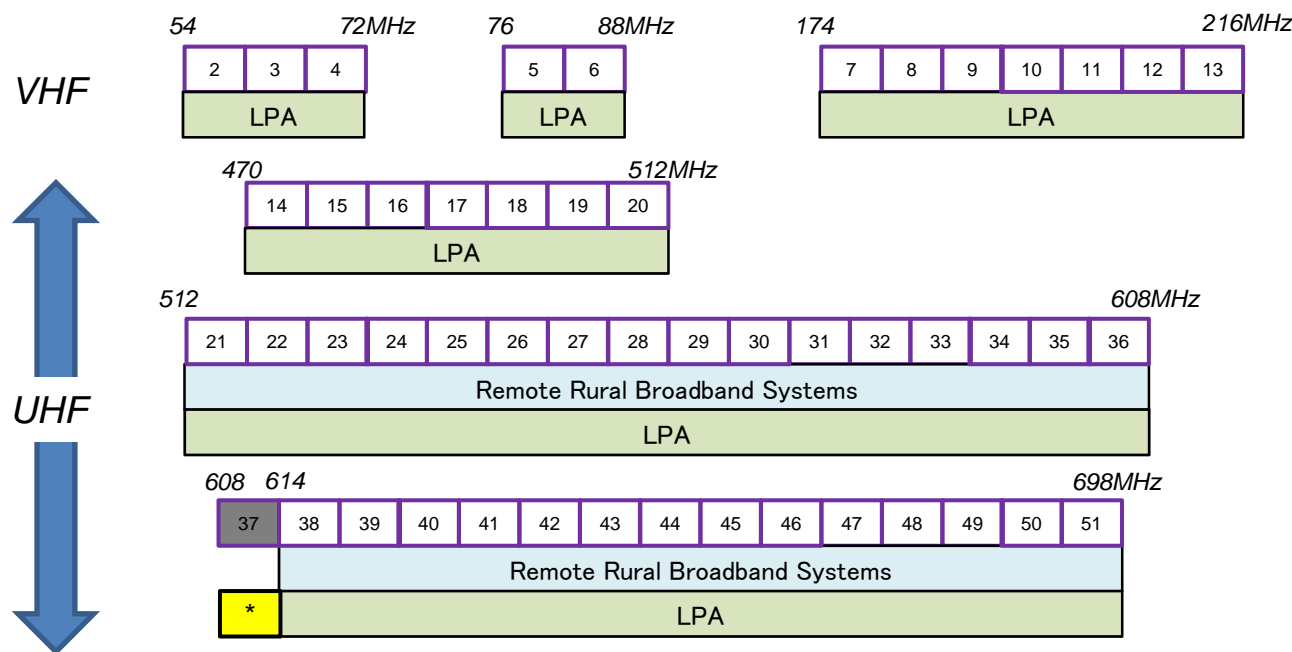
3. カナダIndustry Canadaにおける技術基準の検討状況

- 現在の状況
 - ▶ 検討を開始
- これまでの経緯

年月	関連文章・出典	内容
2011年8月	“[1] Canada Gazette notice” SMSE-012-11	<ul style="list-style-type: none">• TVホワイトスペースを使った、新たな無線通信を導入するか 諮問し、以下の項目について検討を開始<ol style="list-style-type: none">1. Licence-exempt* TVホワイトスペースデバイスの導入の可能性2. Remote rural broadband systems (RRBS)免許帯域に対してポリシー及び規制の変更に対する可能性3. ワイヤレスマイクを含む、Low-power apparatus (LPA)免許帯域に対してポリシー及び規制の変更に対する可能性

* Licence-exempt device: 電波免許の取得が不要なデバイス

● 現在の利用状況 ([1] Sec. 4)



*1: 37chは電波天文業務に割り当てられており、放送やRRBSには使用できない。
*2: 37chは、医療用無線テレメトリにも使用され得る

- 電波天文保護の観点から、37chのホワイトスペースでの利用はされない見通し
- Industry Canadaは、米国では追加の制限がある(詳細はFCCの項を参照)ことについても言及している

- TVホワイトスペース利用可能システム ([1] Sec. 1)
 - ▶ ホワイトスペース無線機
- ホワイトスペース無線機のカテゴリ ([1] Sec. 6.3)

カテゴリ	モード	概要
Fixed white space device	なし	<ul style="list-style-type: none"> • 特定の位置に設置され、固定点で送受を行う機器 • 使用する周波数帯は、TV帯データベースから取得した利用可能チャンネルリストの中から選択する
Mobile white space device	Mode1 ("slave" device)	<ul style="list-style-type: none"> • 特定の位置に限定されない、移動しながらも送受する可能性のある機器 • 位置情報を取得する機能を有せず、TV帯データベースに直接アクセスしない • Fixed または Mobile mode 2デバイスから利用可能チャンネルリストを取得しなくてはならない • 自らホワイトスペース通信を開始したり、他のmode 1デバイスに利用可能チャンネルリストを提供することはない
	Mode 2 ("master" device)	<ul style="list-style-type: none"> • 位置情報を利用してTV帯データベースへのアクセスし、利用可能なチャンネルリストにアクセスできる • データベースへのアクセスは、インターネット経由で直接、もしくは他のFixed または Mobile mode 2デバイスを経由する • 利用可能チャンネルリストを他のMobileデバイスに提供できる

- 一次利用者保護のための方策(ホワイトスペース無線機) ([1] Sec. 6.4-6.7)
 - ▶ 主要手段: 位置情報データベース
 - ▶ 補助手段: スペクトルセンシング
 - ▶ カナダで運用される全てのホワイトスペースデバイスは、Industry Canadaの認証プロセスを経る必要がある

TVホワイトスペースデバイスの特性			アナログ/デジタルTV送信のサービス エリア境界からの離隔距離	
タイプ	最大EIRP	アンテナ高	同一チャンネル間	隣接チャンネル
Mobile (Mode 1 or 2)	16dBm	非適用	6.0km	制限なし
	20dBm	非適用	6.0km	0.1km
Fixed	6dBW	3m以下	6.0km	0.1km
		3~10m	8.0km	0.1km
		10~30m	14.4km	0.74km

([1] Sec. 6.4)

- 保護対象となる一次利用者 ([1] Sec. 6.4-6.7)
 - ▶ テレビ放送
 - ▶ Remote rural broadband systems (RRBS)
 - ▶ ワイヤレスマイクを含む、免許届出をしているLow-power apparatus (LPA)
 - ▷ LPAは免許申請を行わずに利用可能であるが、その場合はTVホワイトスペース機器からの保護対象とはならない

4. 米国IEEEにおけるTVホワイトスペース利用システムの標準化動向

4.1 TVホワイトスペース利用システムの標準化

4.1.1 IEEE802.22

4.1.2 IEEE802.11af

4.1.3 IEEE802.15.4m

4.1.4 IEEE1900.7

参考

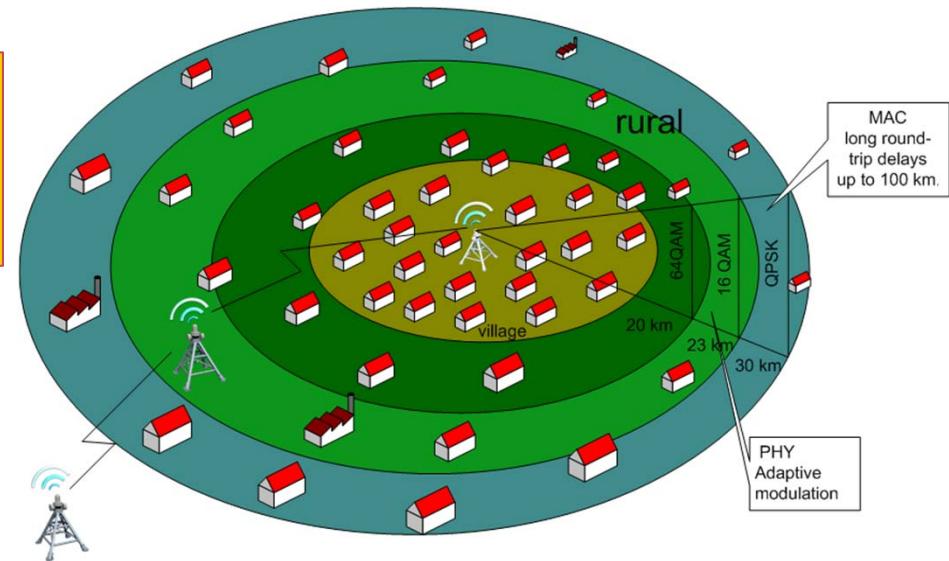
[1] IEEE Std 802.22™-2011

[2] IEEE P802.11af™/D1.03

標準化団体	グループ	プロジェクトの内容	現在の状況
IEEE 802	802.22	54MHzから862 MHzまでのVHF/UHF帯のTV用周波数における固定利用の可搬型端末と専門家によって設置された基地局とのpoint-to-multipoint型の無線地域ネットワーク(wireless regional area networks: WRAN))を実現するためのCognitive MACと物理層を含む無線通信方式の標準仕様	2011年7月規格発行
	802.11af	TVホワイトスペース周波数帯を利用および共存するために必要となる法的な必要条件に合致する802.11の物理層およびMAC層の改正	ドラフト1.03発行
	802.15.4m	802.15.4システムを各国で定められているTVホワイトスペース周波数帯で運用できるようにするための物理層/MAC層に関する改正	2011年9月検討開始
	802.19.1	異なる独立したTVBD(TV Band Device)ネットワーク及び異なるTVBDデバイス間の共存方式に関する標準化	提案の1本化終了 ドラフトドキュメント候補の作成終了
IEEE Dyspan Standards Committee	1900.7	ホワイトスペースシステムの管理を行う1900.4およびセンシング情報の取得、交換等を行う際のインターフェース規格1900.6との接続性をもつホワイトスペース周波数帯におけるdynamic spectrum access radio systemsの物理層/MAC層の標準化	2011年9月検討開始
	1900.4a	ヘテロジニアス型ワイヤレスネットワークにおける無線リソースの最適化を実現するためにネットワーク側、端末側に具備する機能を標準化した1900.4規格に付加的なコンポーネントを定義し、ホワイトスペース周波数における無線通信サービスも利用できるようにした標準化	2001年9月規格発行

54MHzから862 MHzまでのVHF/UHF帯のTV用周波数における固定利用の可搬型端末と専門家によって設置された基地局とのpoint-to-multipoint型の無線地域ネットワーク(wireless regional area networks: WRAN))を実現するためのCognitive MACと物理層を含む無線通信方式の標準仕様

項目	
主要アプリケーション	低人口密度エリアに対するブロードバンドアクセス
運用周波数	54-862 MHz
想定する最大伝送距離	30km
収容するCPEの最大数	512
伝送速度	4.54-22.69 Mbps
MAC層で対応する伝送遅延	100km伝送相当の遅延時間
無線機が具備する機能	GPSをベースにしたGeo Location
保護する一次利用システム	TV(NTSC, PAL, ATSC, wireless microphone)
標準化の状況	2005/01 WGによる標準化検討開始 2011/07 規格発行



ネットワークの構成要素

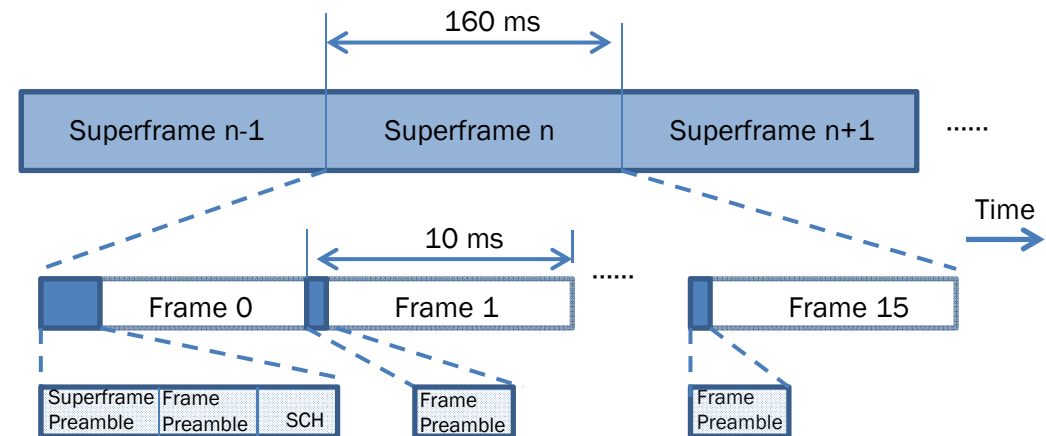
- Base station
CPEに対してConnectivity, Management, Controlを行う
- Customer premise or portable equipment (CPE)
BSと加入者の構内系とを接続

物理層の特徴

Parameters	Specification
Frequency range	54-862 MHz
Bandwidth	6 and/or 7, and/or 8MHz
Data rate	4.54-22.69 Mbps
Spectral Efficiency	0.76-3.78 bit/(sxHz)
Payload modulation	QPSK-OFDM, 16QAM,-OFDM, 64QAM-OFDM
FEC coding rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Transmit EIRP	4W (maximum) for BS in US
Multiple Access	OFDMA
FFT mode	2048
Cyclic Prefix Modes	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Duplex	TDD

MAC層の特徴

- Time Division Duplex (TDD): Uplink Downlink
- Time Division Multiplexing: Downlink
- Multiple Channel Access
 - ▶ DAMA (Demand Assigned Multiple Access):リクエストベースのチャンネルアクセス
 - ▶ OFDMA

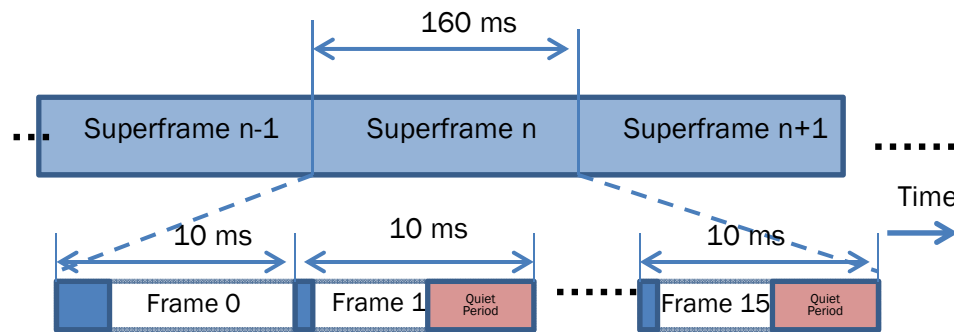


米国で中心周波数から3MHz離れで55dB, カナダで27dB相対的に電力を落とす必要性がある。

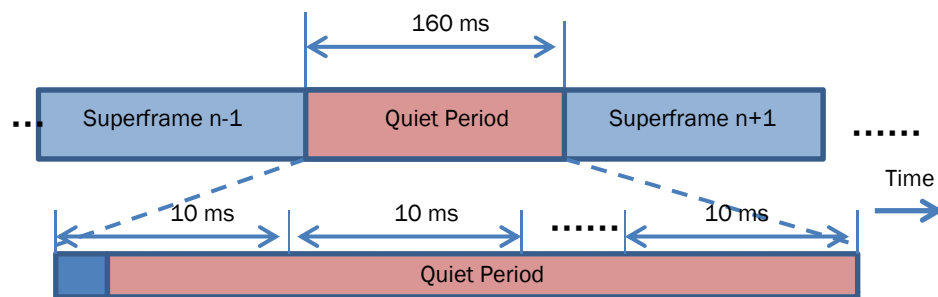
国名	内容	TVチャンネルに対する相対的なチャンネル間隔(例えば0.5は6MHz帯域を使うTV信号だと3MHzに相当)	スペクトルマスク
米国	Fixed	First adjacent channel Beyond the outer edge of the first adjacent channel	55 dB below the highest power in a 6 MHz operating channel in 100 kHz bandwidth Comply with FCC section 15.209(a)
	Portable Mode II	First adjacent channel Beyond the outer edge of the first adjacent channel	55 dB below the highest power in a 6 MHz operating channel in 100 kHz bandwidth Comply with FCC section 15.209(a)
カナダ	Stationary fixed(Δf is referenced to the edge of the operating channel, Measurement bandwidth is 100 kHz, levels are expressed in dBc, relative to the total power in the operating channel)	$0.05 \leq \Delta f \leq 6$ $6 \leq \Delta f \leq 12$ $12 \leq \Delta f \leq 18$ $\Delta f > 18$ AND within 54–72 MHz, 76–88 MHz, 174–216 MHz, 470–608 MHz and 614–698 MHz Outside the above cases	$44.9 + 1.1 \times (\Delta f)^{1.6}$ $37.8 + 4.4 \times \Delta f$ $70.2 + 1.7 \times \Delta f$ 100.8 BS: $43 + 10 \times \log(P \text{ in Watts})$

MAC層での保護

- 一次利用者のシステムのセンシングを正確に行うために一定の時間通信を行わないQuiet periodの導入
- 加入者端末がBSに対して、一次利用者の存在が検出する場合は警告を出す機能
- BSが加入者端末に対して他の周波数に移すよう指示できる機能

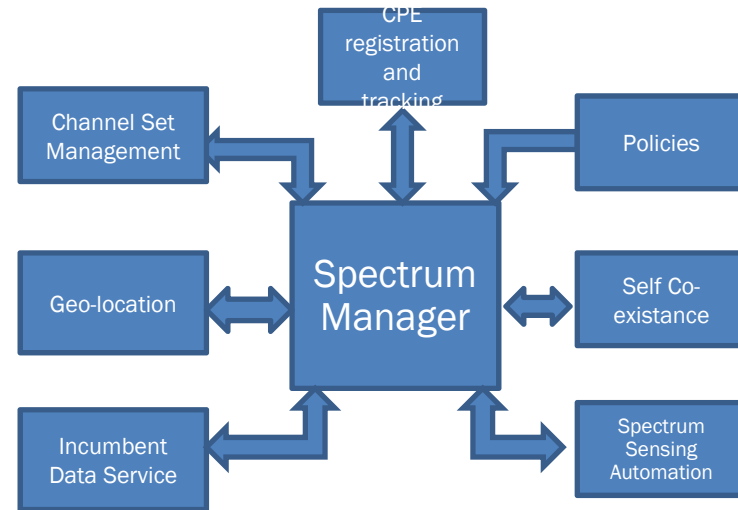


Intra-frame quiet period scheduling

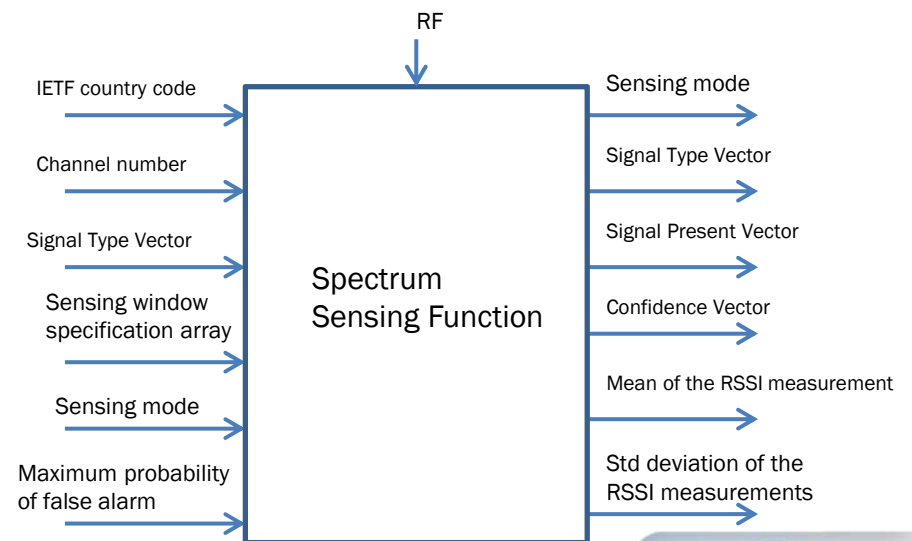


Inter-frame quiet period scheduling

BSのCognitive planeにSpectrum Managerを具備



BSおよびCPEにSpectrum Sensing Function(SSF)を具備



国名	対象システム	BSの最大送信出力/アンテナ高	CPEの最大送信出力/アンテナ高	偏波
USA	Stationary fixed	4 W / 30 m AGL 76 m GHAAT	4 W / 30 m AGL, 76m GHAAT	Any
USA	Portable (Mode I & II)	100 mW / N/A	100 mW / N/A	Any
CAN	Stationary fixed	500 W / ≤ 60 m AHAAT 250 W / ≤ 90 m AHAAT 125 W / ≤ 120 m AHAAT 66 W / ≤ 180 m AHAAT 33 W / ≤ 240 m AHAAT 4 W / ≤ 500 m AHAAT	4 W / 10 m AGL	垂直

国名	対象システム	センシングレベル	分散センシング用判定基準	必要条件
USA	ATSC	-114dBm/6MHz	OR	0dBiのオムニアンテナ受信時
USA	NTSC	-114dBm/100kHz		
USA	Wireless microphone	-107dBm/200kHz		

国名	対象システム	用途	モニタ時間(秒)
USA	ATSC NTSC Wireless microphone	通信チャネル確保時	30
USA	ATSC NTSC Wireless microphone	通信中	60

国名	無線機クラス	データベースにアクセスするための最大頻度
USA	Stationary fixed and nomadic	24時間
USA	Portable (Mode II)	24時間
CAN	N/A	N/A

国名	無線機クラス	一次利用者が検出できてから他のチャンネルに移動する時間(秒)
USA	Stationary fixed	2
USA	Portable (Mode I & II)	2
CAN	Stationary fixed	N/A

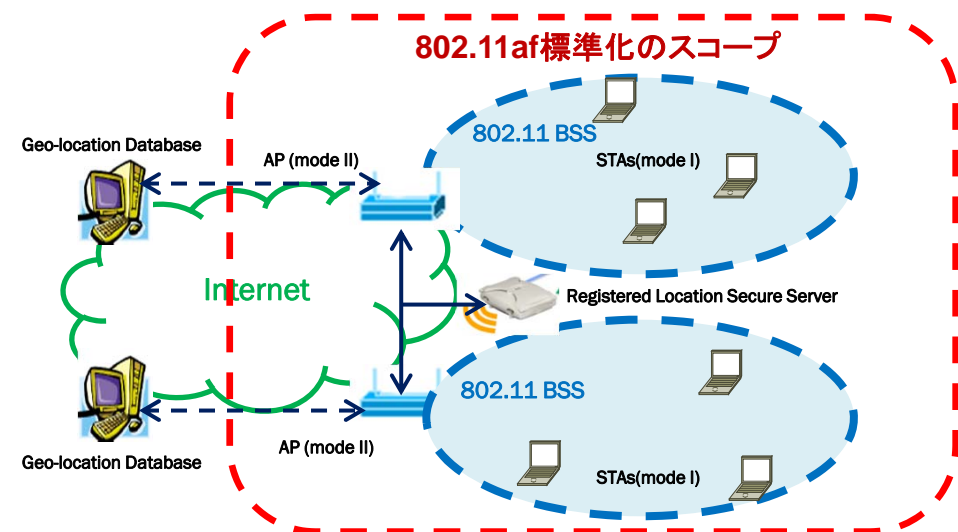
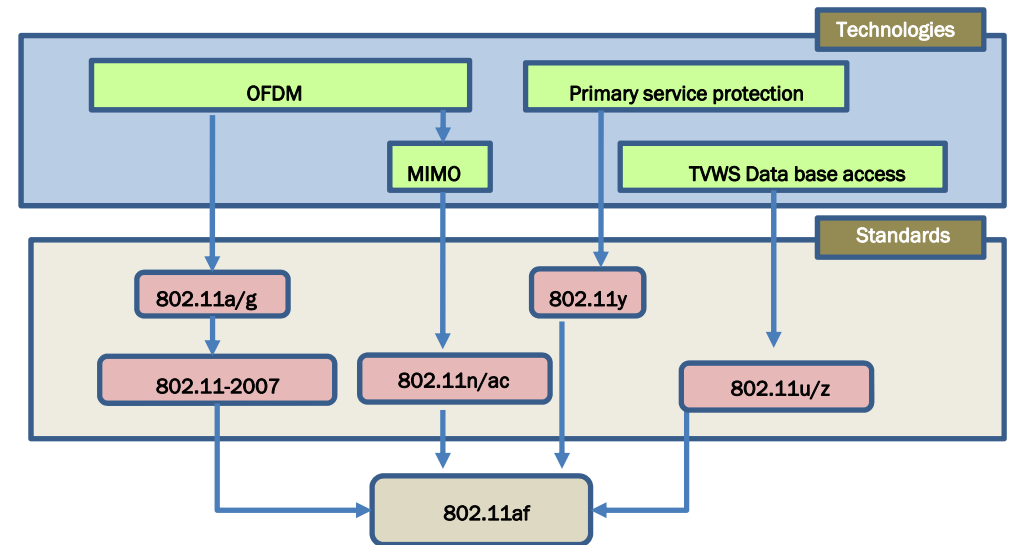
国名	無線機クラス	利用できないチャンネル(もしチャンネルNがTVチャンネルに利用されているとき)
USA	Stationary fixed	N N±1
USA	Portable (Mode I & II) (above 40 mW)	N N±1
USA	Portable (Mode I & II) (below 40 mW)	N
CAN	Stationary fixed	N N±1 N±2

AGL: Above ground level, GHAAT: Ground height above average terrain, AHAAT: Antenna height above average terrain

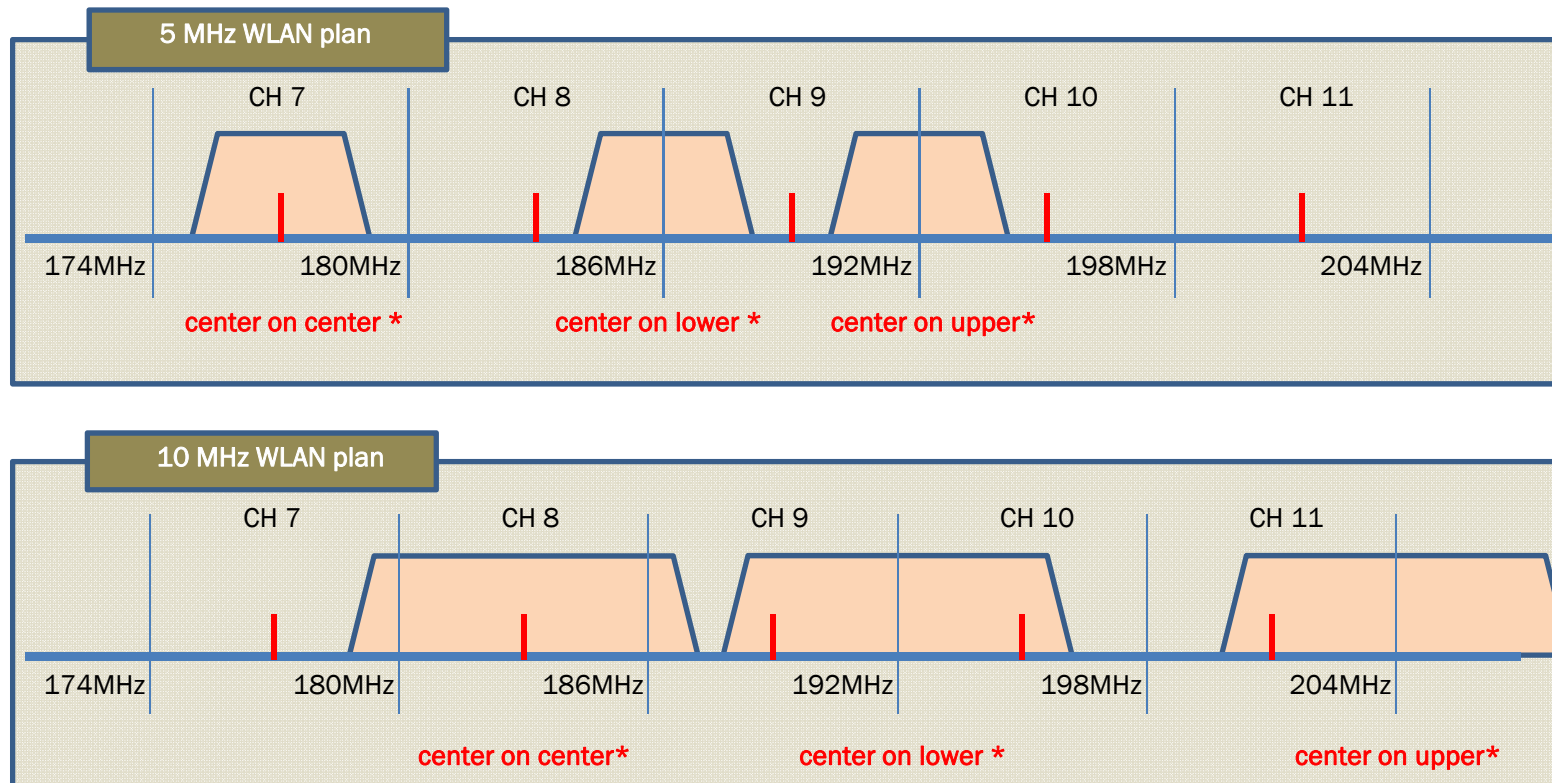
TVホワイトスペース利用システムの標準化 IEEE802.11af (1/4): 概要

TVホワイトスペース周波数帯を利用および共存するために必要となる法的な必要条件に合致する802.11の物理層およびMAC層の改正

項目	
主要アプリケーション	IEEE802.11系無線LANシステムと同じ
運用周波数	174-862 MHz
想定する最大伝送距離	100m-500m for personal portable device and 5Km for fixed device
アクセスポイントあたりの最大収容数	512
伝送速度	From 1.5Mbps to 600Mbps(変更の可能性あり)
送信出力	<=100mW for personal portable device, <=1W for fixed device
チャンネル帯域幅	5/10/20/40MHz(変更の可能性あり)
保護する一次利用システム	TV(NTSC, PAL, ATSC, wireless microphone)
標準化の状況	2009/12 プロジェクト承認 2010/01 Task groupによる検討開始 2011/01 Letter ballot開始 2011/09 ドラフト1.03承認

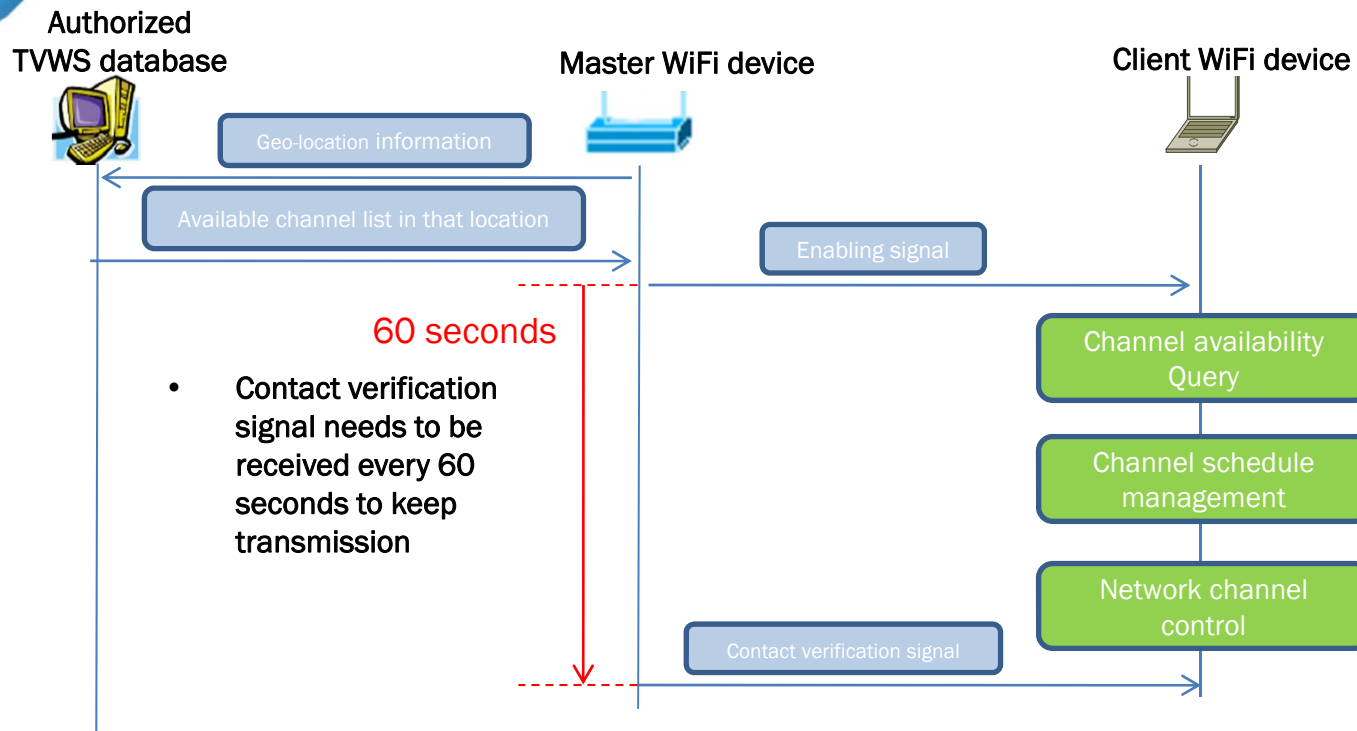


- IEEE P802.11af™/D1.03では, 5, 10, 20 and 40 MHz を採用(変更の可能性あり)
- TVの中心周波数と, 802.11afシステムとの中心周波数は合っていない
 - ▶ Center on center, Center on lower, Center on higherの3種類に分けられる。



Parameters	5MHz	10MHz	20MHz	20MHz High Throughput	40MHz	40MHz High Throughput
データサブキャリア数	48	48	48	52	48	108
パイロットサブキャリア数	4	4	4	4	4	6
サブキャリア数	52	52	52	56	104	114
サブキャリア間隔	78.125KHz	156.25KHz	312.5KHz	312.5KHz	312.5KHz	312.5KHz
FFT時間	12.8us	6.4us	3.2us	3.2us	3.2us	3.2us
ガードインターバル時間	3.2us	1.6us	0.8us	0.8us	0.8us	0.8us
シンボル時間	16us	8us	4us	4us	4us	4us
変調方式	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM—OFDM					
FEC方式	Convolutional Coding with coding rate =1/2, 2/3, 3/4, 5/6 , LDPC optional					
伝送速度	1.5, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54.... up to 600Mbps with four spatial streams					

* 伝送レートについては現在ディスカッション中であり今後大きく変更する可能性があります



モード	概要
Enabling Signal	一次利用者の情報を知らないClientデバイスに対しMaster WiFi device の支配下に置く
Channel Availability Query	一次利用者が利用していないホワイトスペースの周波数情報をWiFiデバイスに供給
Channel Schedule Management	一次利用者が利用していないホワイトスペースの時間情報をWiFiデバイスに供給
Network Channel Control	利用可能な送信スペクトルマスクに関して、データベースと交渉して取得
Contact Verification Signal	60秒ごとにWiFiデバイスが利用可能なチャンネルを確認

IEEE802.15.4m

802.15.4システムを各国で定められているTVホワイトスペース周波数帯で運用できるようにするための物理層/MAC層に関する改正。運用周波数は54MHz～862MHz, そしてデータ伝送速度としては40kbpsから2Mbpsを想定

項目	
主要アプリケーション	IEEE802.15.4系無線PANシステムと同じ(センサー, スマートメータ, M2M等)
運用周波数	54-862 MHz
想定する最大伝送距離	数km
最大収容数	1000以上?
伝送速度	40k-2000kbps
送信出力	各国の技術基準に準拠
チャンネル帯域幅	検討中
保護する一次利用システム	TV(NTSC, PAL, ATSC, wireless microphone)
標準化の状況	2011/09 プロジェクト承認 2011/09 Task groupによる検討開始

IEEE1900.7

ホワイトスペースシステムの管理を行う1900.4およびセンシング情報の取得, 交換等を行う際のインターフェース規格1900.6との接続性をもつホワイトスペース周波数帯におけるdynamic spectrum access radio systemsの物理層/MAC層の標準化

項目	
主要アプリケーション	検討中(固定通信, 移動通信)
運用周波数	検討中(必ずしもTV帯のみではない)
想定する最大伝送距離	検討中
最大収容数	検討中
伝送速度	検討中
送信出力	各国の技術基準に準拠
チャンネル帯域幅	検討中
保護する一次利用システム	TV(NTSC, PAL, ATSC, wireless microphone)
標準化の状況	2011/06 プロジェクト承認 2011/09 Task groupによる検討開始

- 4. 米国IEEEにおけるTVホワイトスペース利用システムの標準化動向
 - 4.2 TVホワイトスペース利用システム実現のための要素技術の標準化
 - 4.2.1 IEEE802.19.1
 - 4.2.2 IEEE1900.4a

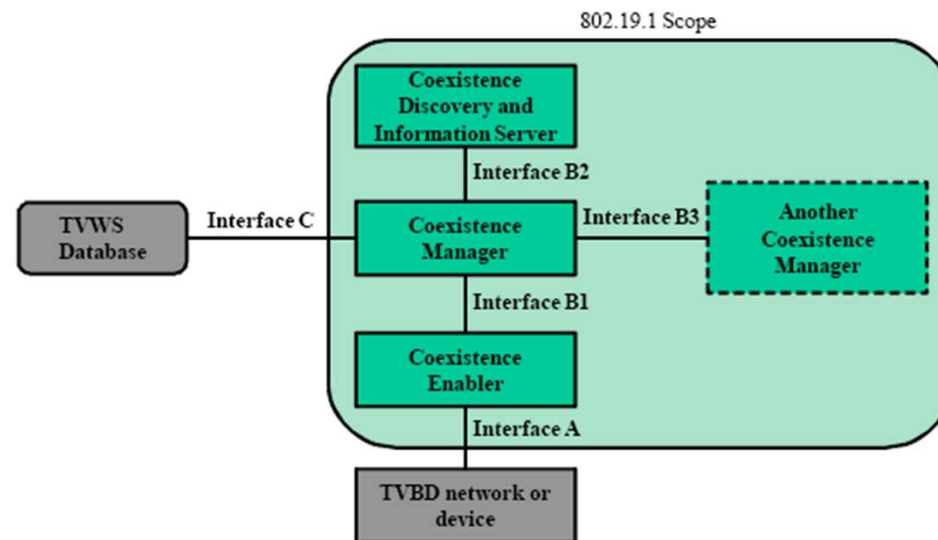
参考文献

- [1] 19-11-0069-00-0001-chapter-4.pdf
- [2] H.Harada et.al., “ IEEE Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN) Standards Committee” Crowncom 2011, Jun. 2011.

IEEE802.19.1: 概要

異なる独立したTVBD(TV Band Device)ネットワーク及び異なるTVBDデバイス間の共存方式に関する標準化

項目	
共存方式	以下の3つのlogical entityを定義し、これらをTVWS用データベースおよびTVBDと協調させて動作させることにより共存 <ul style="list-style-type: none"> • Coexistence Manager (CM) • Coexistence Enabler (CE) • Coexistence Discovery and Information Server (CDIS) さらに6つのlogical interfaceを定義(右図) Interface A, Interface B1, Interface B2, Interface B3, Interface C
サービス	<ul style="list-style-type: none"> • Coexistence Information Service Neighbour list/types/operating channelを供給することによりTVBDに共存可能性を決定する材料を提供 • Coexistence Management Service TVBDからの情報, TVWSデータベース, CDISからの情報をもとに, 共存の方法について決定するサービス
標準化の状況	2009/12 プロジェクト承認 2010/01 Task groupによる検討開始 2010/03 System Design document完成 2010/05 ドラフトドキュメントの候補案が完成



19-11-0069-00-0001-chapter-4.pdf

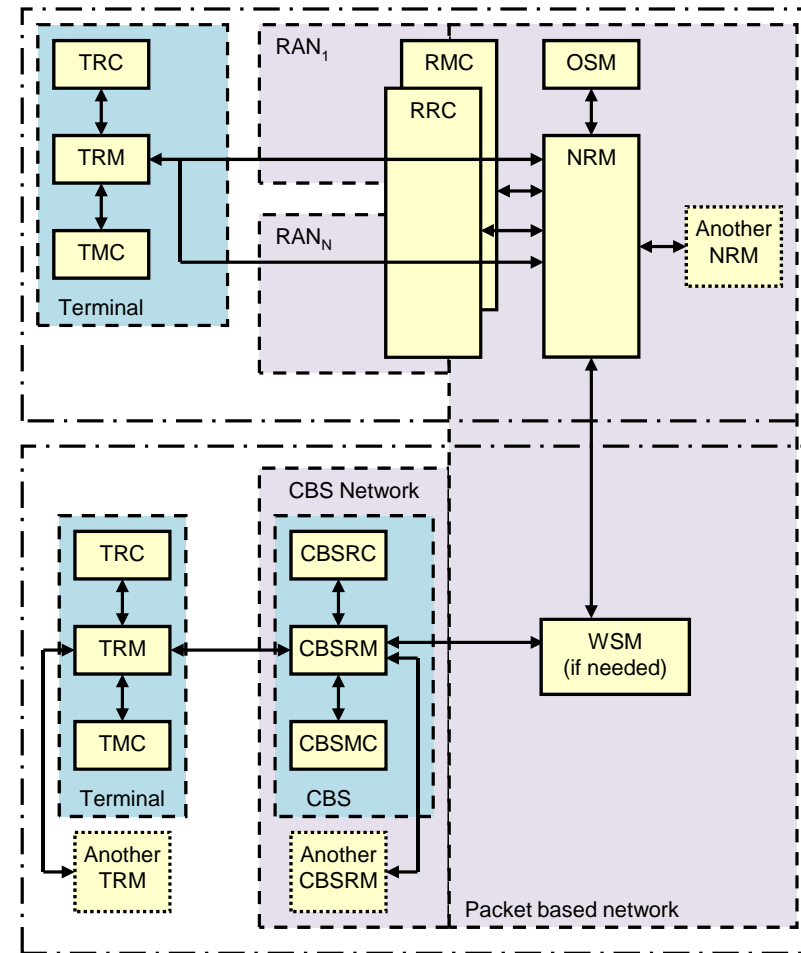
項目	
Coexistence Manager (CM)	共存に関する決定を行い, 共存用の要求, 制御コマンド, 制御情報をCEに供給する
Coexistence Enabler (CE)	TVBDからの共存するために必要な情報の取得, CMからの情報をTVBDが認識するよう翻訳する等とCMとTVBDとの通信を行う
Coexistence Discovery and Information Server (CDIS)	共存に必要な情報を収集すると共にCMに提供する機能と他のCMの発見, インターフェースも取る

IEEE1900.4a: 概要

ヘテロジニアス型ワイヤレスネットワークにおける無線リソースの最適化を実現するためにネットワーク側、端末側に具備する機能を標準化した1900.4規格に付加的なコンポーネントを定義し、ホワイトスペース周波数における無線通信サービスも利用できるようにした標準化

項目	
共存方式	xMC標記のものが端末、コグニティブ基地局 (CBS), ネットワークにかかわらず電波の利用環境, 利用状況を取得, それらをxRM標記の再構築マネージャに送信し, 端末, コグニティブ基地局, ネットワークが協調し, 最適な周波数(スペクトラム)の利用を目指す
周波数	特に記載なし
標準化の状況	2011/09 規格発行

項目	
CBSRM	CBSと端末が最適な周波数利用ができるよう最適化
CBSMC	CBSが取得できる情報を取得し, CBSRMIに供給
CBSRC	CBSRMからの要求をもとにCBSを再構築
WSM	CBSRMとホワイトスペースデータベースが通信できるようCBSRMIに対し, 法規制情報を供給



RAN – radio access network
 CBS – Cognitive Base Station
 OSM – Operator Spectrum Manager
 NRM – Network Reconfiguration Manager
 TRM – Terminal Reconfiguration Manager
 CBSRM – CBS Reconfiguration Manager
 RMC – RAN Measurement Collector
 TMC – Terminal Measurement Collector
 CBSMC – CBS Measurement Collector
 RRC – RAN Reconfiguration Controller
 TRC – Terminal Reconfiguration Controller
 CBSRC – CBS Reconfiguration Controller
 WSM – White Space Manager

5. シンガポールIDAにおけるTVホワイトスペーストライアルの状況

参考資料

- [1] IDA Document: Trial of White Space Technology Accessing VHF and UHF Bands in Singapore - Information Pack.
- [2] IDA Document: Trial of White Space Technology Accessing VHF and UHF Bands in Singapore-Test Plan.

項目	内容
主催者	シンガポール IDA (Info-communications Development Authority)
経緯	2010年4月:IDAがWhite Space Technology Information Package and Test Planを発行, 参加者募集 2010年7月:3社がトライアル参加者として採択 2011年3月:トライアル開始(現在5社)
参加者	institute for Infocomm Research (I2R) National Institute of Information and Communications Technology (NICT) Huawei International Pte Ltd (Huawei) Energy Market Authority Massachusetts Institute of Technology (MIT)
関連文書	(1) IDA Document: Trial of White Space Technology Accessing VHF and UHF Bands in Singapore - Information Pack 条件や制限などを含む、トライアルのフレームワークを提示 (2) IDA Document: Trial of White Space Technology Accessing VHF and UHF Bands in Singapore-Test Plan トライアルでの検証手法を提示
トライアル場所	実験室環境, 屋外フィールド 屋外フィールド Kranji Carpark: シンガポール/マレーシア海岸, Marina South Pier:シンガポール/インドネシア海岸, Opposite Beauty World: 放送局近傍, Cairnhill Carpark: 都市環境, Science Park II
評価基準	信号検知能力, 電波伝送特性
ホームページ	http://www.ida.gov.sg/Policies%20and%20Regulation/20100730141139.aspx

検知能力	スペクトルセンシング	周波数帯	VHF帯 – 2~4ch (47-68MHz) ⁽¹⁾ VHF帯 – 5~12ch (174-230MHz) ⁽¹⁾ UHF帯 – 21~62ch (470-806MHz) ⁽²⁾
		信号種別	DVB-T, PAL, 無線マイクロフォン(デジタル/アナログ)
		感度 (0dBiゲインアンテナ)	-120dBm/8MHz
		センシング頻度	1秒未満
	データベースアクセス	アクセス頻度	1秒以下
		位置情報精度	±50m未満
		データベース更新頻度	24時間
システムオペレーション能力	コグニティブ無線機能		Listen before talk Detect and Avoid
	通信特性	通信対象周波数帯	41~49, 51,53, 54ch (630-742MHz)
		連続通信	連続送信時間 最大400 ms 送信間隔(pause) 最小100 ms
		帯域外性能	<-48dBm (accumulative power over one channel)
		送信電力	17dBm, ただし 隣接チャンネルにおいては4 dBm

(1) 7MHz channel (2) 8MHz channel

試験名	試験項目	
Controlled Test I	TVBDと信号発生器 (SG, signal generator)を同軸ケーブルで接続し、テスト信号を受信	
	1	TV信号の検出試験
	(a)	単一TV信号の検出: 強い信号の検出試験
	(b)	単一TV信号の検出: ターゲットとなるセンシング感度に関する試験
	(c)	2つのTV信号の検出: 2つの信号の正確な検出と、他チャンネルに関する誤検出の検証
	(d)	複数のTV信号の検出: 複数の信号の正確な検出と、他チャンネルに関する誤検出の検証
	2	ワイヤレスマイク信号の検出試験: 感度に関する試験
Controlled Test II	Listen-before-Talk と Detect-and-Avoidに関する試験	
	信号発生器が生成したテスト信号を、電波暗室内で受信	
	1	On-the-airでの 試験TV信号(SGにより生成・送信)の検出
	2	Listen-before-Talk と Detect-and-Avoidに関する試験
	3	TVBDの通信特性: 送信電力と送信信号プロファイル
	4	TV信号に対するTVBDによる干渉の検証
Laboratory Test	ワイヤレスマイク信号に対するTVBDによる干渉の検証	
	実験室環境にて、実放送信号の検出と送信試験を実施	
	1	On-the-airでの 実テレビ信号の検出
	2	On-the-airでの実テレビ信号の検出と干渉回避
	3	Listen-before-Talk と Detect-and-Avoid
Field Test	シンガポール内の5箇所のサイトにて、実放送信号の検出と送信試験を実施	
	1	On-the-airでの実テレビ信号の検出と干渉回避
	2	On-the-airでの実ワイヤレスマイク信号の検出と干渉回避
	3	TVBDのon-the-air 実TV信号に対する干渉試験
	4	TVBDのon-the-air 実ワイヤレスマイク信号に対する干渉試験

ホワイトスペース利用通信システムの安定利用のために、各国の既検討の技術基準項目を参照に、日本独自の事情を勘案し、パラメータを決定する必要性がある

パラメータ	米国FCC	英国Ofcom	Singapore IDA	Japan
無線機の種類	Fixed device, Personal/portable device(client, Independent, Sensing-only)	Master device Slave device		
センシングの必要性	基本必要。しかしデータベースにアクセスできるデバイスはセンシングは必要ない	不要	すべてのデバイスで必要	
センシングレベル (WM:ワイヤレスマイク)	-114dBm/6MHz(ATSC) -114dBm/100kHz(NTSC) -107dBm/200kHz(WM)	要求条件なし(不要)	-120dBm/8MHz	
センシングの間隔	60 秒未満	要求条件なし(不要)	1 秒未満	
最大の連続通信時間	N/A	N/A	400 milliseconds	
運用周波数	Channels 21-36 (512-608MHz) and Chs 38-51 (614-698MHz), additional channels Ch2 (54-60MHz), Chs5-6 (76-88MHz) and Chs7-13 (174-216MHz) for fixed-to-fixed communication	Channels 21-30 (470-550 MHz) and channels 39-59(614-782 MHz)	channels 41-49,51,53,54 with 8 MHz for each and covers range of 630-742 MHz	
帯域幅	6MHz channel	制限なし	Multiple of 8 MHz channels	
送信電力	Fixed device: 12.2 dBm/100kHz Sensing-only devices: -0.8dBm/100kHz Personal/Portable with adjacent channel: -1.8dBm/100kHz All other Personal/Portable : 2.2dBm/100kHz	Spectrum mask, DTT, Geo-location, model number 等により計算	4 dBm (adjacent channels) and 17dBm	
送信スペクトルマスク	スライドを参照	スライドを参照	帯域外性能<-48dBm (accumulative power over one channel)	
データベースアクセスの必要性	センシングだけを行うデバイスを除いて必要	必要	アクセスが推奨であるがオプション	
地理情報の精度	<50 meters	<100 meters	<50 meters	
データベースのアクセスの間隔	Fixed: 24時間毎 Personal/Mobile: 24時間毎、100m移動毎、	2時間毎	1秒毎	

独立行政法人 情報通信研究機構

スマートワイヤレス研究室 室長 原田博司

E-mail: swl-white-space@wireless.nict.go.jp

参考資料

	PMSE	地方放送局
経緯等	<ul style="list-style-type: none"> 2007年12月の「Digital Dividend Review」において、PMSEはTVホワイトスペースの既存ユーザーであることから、引き続き利用を確保することが発表。 	<ul style="list-style-type: none"> 2011年7月「地方TVフレームワーク」を発表し、今年後半に地方放送局創出のための関連の制度整備を行うと発表。
利用周波数 (チャンネル)	<ul style="list-style-type: none"> 21ch～30ch及び41～60ch 38ch(専用帯域) (Frequency Allocation Table 2010 で利用可能な周波数を規定)	<ul style="list-style-type: none"> 2006年無線通信法の改正により周波数を確保(reserve) 地域ごとに8MHzを1パッケージとして割り当て
利用可能地域	Ofcomがチャンネルごとに利用可能な地域をHP上で情報提供(より詳細な情報をバンドマネジャー(周波数の調整、免許の発行などを行う運用機関)が提供)	2011年8月、技術的に地上放送に干渉せずにサービスが提供可能な候補地として65地域を提示。今後20地域に対して免許を付与予定。
免許	要 比較審査方式でバンドマネジャー(1機関、JFMG)に割り当てる。	要 比較審査方式で、地域ごとのTVホワイトスペースを、MuxCoと呼ばれる単一の免許人に割当て
関係制度等	<ul style="list-style-type: none"> UK Interface Requirement 2038(技術基準) 	
今後のスケジュール		2011秋 2006年無線電信法等改正 2012(1 Q) 免許付与 スキームに関する意見募集の実施 2012(2Q)免許付与スキームの確定 2012(3Q)OFCOMIによる免許付与 2013(3Q)放送開始