

معرفی و بررسی کارایی لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.20

سید مهدی موسوی تروجنی، سید علی قرشی، سید محمد سجاد صدوق

دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر،

sm.mousavi@mail.sbu.ac.ir, {[a_ghorashi](mailto:a_ghorashi@sbu.ac.ir), [s_sadough](mailto:s_sadough@sbu.ac.ir)}@sbu.ac.ir

چکیده:

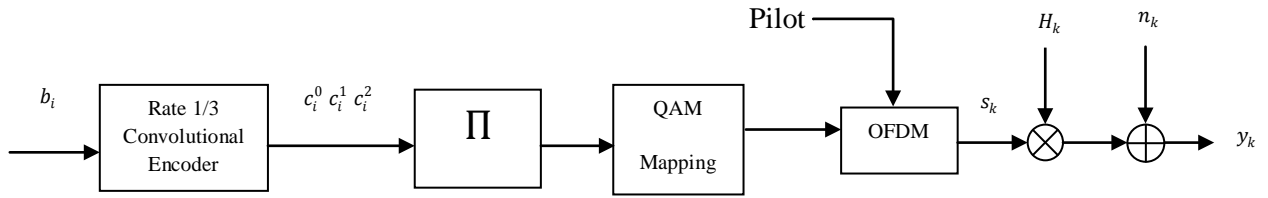
استاندارد IEEE 802.20 یا دسترسی بی سیم پهن باند سیار (MBWA) یکی از استانداردهای مطرح IEEE است که ضمن هماهنگی با سایر استانداردهای خانواده 802 می کوشد تا پیاده سازی شبکه های سیار بی سیم پهن باند را در سرتاسر جهان به صورت قابل اجرا توسط اپراتورهای متعدد، تسهیل کند. به عنوان مثال سیستم های مبتنی بر این استاندارد می توانند نیاز دسترسی به اینترنت در تلفن همراه را، که امروزه با توجه به گسترش تکنولوژی و فراگیری استفاده از تلفن همراه و خدمات اینترنتی بیش از پیش احساس می شود، برآورده سازند پس از معرفی لایه فیزیکی این استاندارد، در این مقاله به بررسی قابلیت ها و کارایی این فناوری در کانال های مختلف از طریق شبیه سازی و تعیین نرخ خطای بیت در سناریوهای مختلف می پردازیم

کلمات کلیدی: کدکننده کانولوشنی، OFDM، SISO (Soft Input-Soft Output)، Soft Decoder.

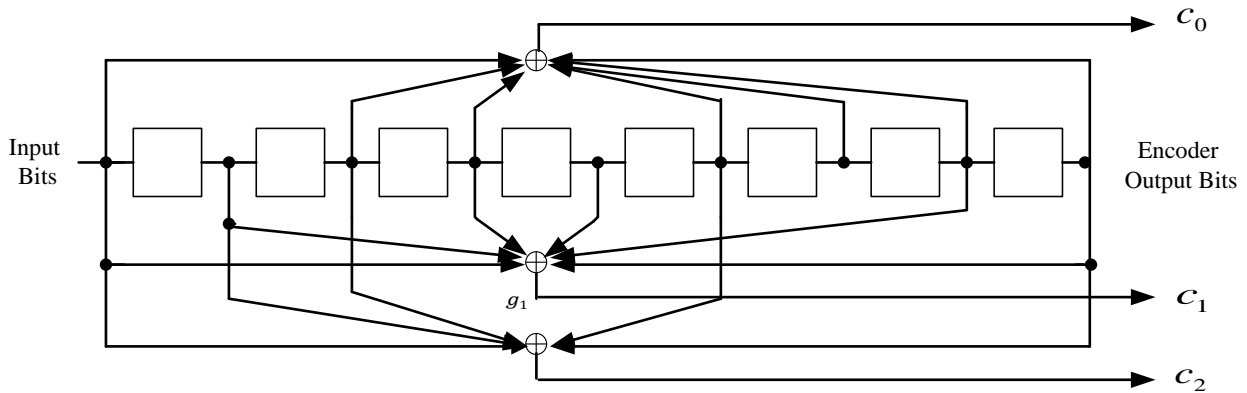
الف. مقدمه

آن کاربر می تواند در فاصله ی حدودا ۱۵ کیلومتری از ایستگاه اصلی با سرعتی حداکثر تا ۲۵۰ کیلومتر در ساعت بدون وجود کانالی با دید مستقیم (NLOS) این خدمات را دریافت کند [۱]. واسطه هوایی استاندارد IEEE 802.20 که در نسل های آینده تلفن های همراه از آن استفاده خواهد شد، در باندهای زیر ۳.۵ گیگاهرتز کار می کند و نرخ داده ها در آن به بیش از ۱ مگا بیت بر ثانیه نیز می رسد [۱]. گروه کاری ۸۰۲.۲۰ روی لایه های فیزیکی، لایه MAC (Medium Access Control) و LLC (logical link Control) این استاندارد کار می کند [۴]. در این مقاله نتایج شبیه سازی مهم ترین

امروزه دسترسی همیشگی و سریع به اینترنت و شبکه های بی سیم به یکی از نیازهای اساسی ما تبدیل شده است. استاندارد IEEE 802.20 به این منظور تدوین گردیده تا امکان استفاده از خدمات با پهنای باند بالا نظیر دسترسی به اینترنت پر سرعت را برای کاربران در حال حرکت در شبکه های بی سیم فراهم آید. این استاندارد، دارای قابلیت ارسال اطلاعات با نرخ بالا و در دسترس قراردادن دائمی خدمات اینترنت پر سرعت با هزینه های مقرون به صرفه است، به گونه ای که در



شکل ۱- بلوک دیاگرام فرستنده در 802.20.



شکل ۲- کدکننده کانال کانولوشنی با نرخ ۱/۳ و طول قید ۹ بکار رفته در 802.20.

قسمت‌های لایه فیزیکی این استاندارد برای کانال‌های مختلف، ارائه می‌گردد. در استاندارد 802.20 در شکل ۱ نشان داده شده است

ب. مشخصات لایه فیزیکی

در فرستنده ابتدا بیت‌های تولید شده توسط کاربران مختلف به بلوک کدکننده کانولوشنی ارسال می‌شوند. در این فرستنده از یک کدکننده کانولوشنی با نرخ ۱/۳ با طول قید ۹ و با چند جمله ایهای مولد (۸۵۵۵)، ۸۶۶۳ و ۸۷۱۱) استفاده شده است [۴]. در شکل ۲ ساختار این کدکننده کانولوشنی نشان داده شده است

استاندارد IEEE 802.20 در پهنای باندهای مختلف و در گستره ی ۱.۵ تا ۲۰ مگاهرتز کار می‌کند. لایه فیزیکی این استاندارد در هر دو ارتباط مستقیم و معکوس مبتنی بر روش دسترسی چندگانه ی OFDMA می‌باشد که در آن بیت های کد شده مربوط به هر کاربر در زیر حامل مشخصی قرار گرفته و ارسال می شوند. در این استاندارد می توان از کدهای مختلفی مانند کدهای کانولوشنی، کدهای توربو و کدهای LDPC برای افزایش مقاومت سیگنال در برابر تأثیرات کانال استفاده کرد. همچنین مدولاسیون به کار گرفته شده در فرستنده می تواند

در ادامه برای کاهش خطای بیت در گیرنده ، بیت های بدست آمده از کدکننده کانال درهم ریخته (Interleave) می‌شوند. بیت‌های درهم ریخته شده به مدولاتور ارسال شده و سپس سمبل های بدست آمده به سمبل‌های راهنما یا پیلوت در زیرحامل‌های سمبل‌های OFDM قرار گرفته و به کانال ارسال می شوند. ویژگی های OFDM مانند اندازه تبدیل فوریه و بازه محافظ (guard interval) مربوط به پهنای باندهای مختلف در جدول ۱ نشان داده است .

جدول ۱- مشخصات سمبل های OFDM

Parameters	FFT Size			Units
	512	1024	2048	
Chip Rate	4.9152	9.8304	19.6608	Mcps
Subcarrier Spacing	9.6	9.6	9.6	kHz
Channel Bandwidth	1.5~5	5~10	10~20	MHz
CP duration	6.51	6.51	6.51	Ms
	13.02	13.02	13.02	
	19.53	19.53	19.53	
	26.04	26.04	26.04	
Windowing guard interval	3.26	3.26	3.26	Ms
OFDM symbol duration	113.93	113.93	113.93	ms
	120.44	120.44	120.44	
	126.95	126.95	126.95	
	133.46	133.46	133.46	

جدول ۲- مشخصات کانال

Models	Vehicular-A		Vehicular-B	
	Relative Path power (dB)	Delay (ns)	Relative Path power (dB)	Delay (ns)
1	0	0	-2.5	0
2	-1.0	310	0	300
3	-9.0	710	-12.8	8900
4	-10.0	1090	-10.0	12900
5	-15.0	1730	-25.2	17100
6	-20.0	2510	-16.0	20000

$$y_k = H_k s_k + n_k \quad (2)$$

مشخصات کانال

کانال در نظر گرفته شده در این مقاله یک کانال چند مسیره Tapped Delay Line است. در این نوع کانال ها نسخه های مختلفی از سیگنال ارسالی از مسیرهای متفاوت به گیرنده می رسد و هر کدام از این مسیرها می توانند دارای گستره تأخیر، توان و طیف داپلر متفاوتی باشند. برای بررسی تأثیر شرایط کانال بر خطای بیت در گیرنده دو نوع کانال مغفول و رایج مربوط به وسائل نقلیه A و B در نظر گرفته شده است (جدول ۲). کانال A گستره تأخیر کمتری نسبت به کانال B دارد. دو نوع کانال ذکر شده در این جدول، دو کانال رایج برای کاربران متحرک می باشد که پارامترهای آن در [۳] ذکر شده است

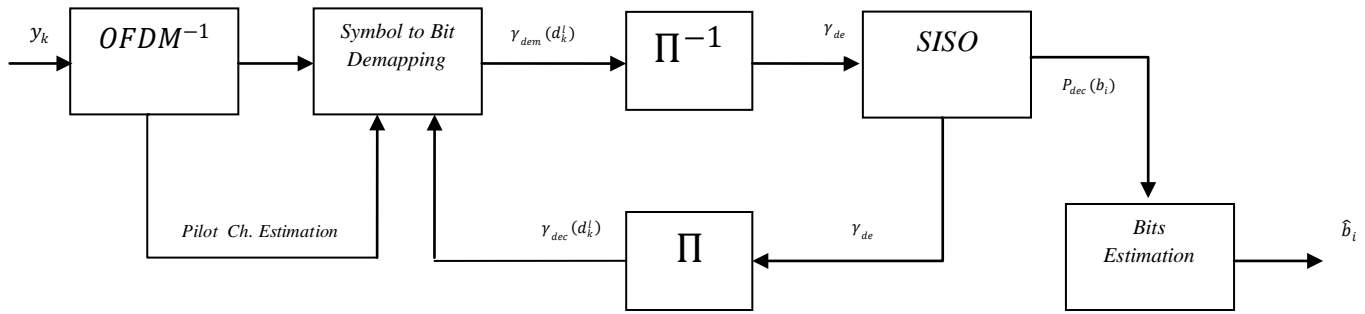
در مدل OFDM سیگنال دریافتی از کانال پس از حذف فاصله محافظ را می توان به صورت (۱) نوشت:

$$y = \mathbf{H}_d s + n \quad k = 0, 1, \dots, M-1 \quad (1)$$

که در آن \mathbf{H}_d ماتریس قطری، شامل پاسخ فرکانسی ضرایب کانال فرستنده $s = [s_0, \dots, s_{M-1}]^T$ و بردار سیگنال دریافتی $y = [y_0, \dots, y_{M-1}]^T$ متنظر با بردار s به همراه نویز سفید گوسی $n = [n_0, \dots, n_{M-1}]^T$ بدین ترتیب سیگنال دریافتی در زیرحامل k ام را می توان به صورت (۲) نوشت.

د. ساختار گیرنده

در استاندارد 802.20، ساختار گیرنده به عنوان مسئله ای باز به انتخاب سازندگان واگذار شده است. در این مقاله از یک دیکدر نرم یا Soft Decoder با چرخه ای تکرارپذیر استفاده شده است ساختار این گیرنده در شکل ۳ نشان داده شده است. در گیرنده، ابتدا عمل عکس OFDM انجام شده و سمبل های مربوط به فاصله محافظ آن برداشته می شوند. سپس سمبل های بدست آمده به بلوک دینگارنده (Symbol to Bit Demapper) وارد شده و احتمال صفر و یا یک بودن هر کدام از بیت های مربوط به هر سمبل، با توجه به تخمینی که توسط سمبل های پایلوت از کانال زده شده است، استخراج می شود. برای تخمین کانال از الگوریتم LMS (Least Mean Square) استفاده شد که نسبت به روش های دیگر دارای عملکرد بهتری است [۲]. استفاده از احتمال بیت ها اگرچه پیچیدگی گیرنده را افزایش می دهد اما موجب بهبود چشمگیر عملکرد آن می شود [5]. در محاسبه احتمالات همانند روش های توربو، از احتمالات بیرونی (extrinsic probability) [۶] به جای احتمالات پسین (a posteriori probability) برای انتقال بین



شکل ۳- ساختار Soft Decoder با چرخهای تکراری برای تخمین بیت

ارسال می‌شود. در این بلوک برای دیکد کردن بیتها از الگوریتم *BCJR* [۷] استفاده شده است. این الگوریتم با دانستن ساختار شبکه‌ای مربوط به کد کانولوشنی و با دریافت احتمالات پیشین، در عملیاتی بازگشتی احتمالات پسین مربوط به بیت‌های اولیه و احتمالات بیرونی مربوط به بیت‌های کد شده را محاسبه می‌کند. احتمالات بیرونی محاسبه شده با درهم ریزی به عنوان احتمالات پیشین برای بلوک دینگارنده استفاده می‌شود. نحوه دمدولاسیون ذکر شده که که به صورت چرخه ای تکرارپذیر می‌باشد و در شکل (۳) نشان داده شده است، به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱. مقدار اولیه احتمالات پیشین برابر $1/2$ قرار داده می‌شود. یعنی:

$$\forall b \in \{0,1\}, \forall k, \forall l, \gamma_{dec}(d_k^l = b) = 1/2 \quad (۶)$$

۲. با توجه به احتمالات پیشین مربوط به بیت‌های کد شده بلوک دینگارنده احتمالات بیرونی مربوط به بیت‌ها یعنی $\gamma_{dem}(d_k^l)$ را محاسبه می‌کند

۳. احتمالات بیرونی را عکس درهم ریزی می‌کنیم تا تبدیل به احتمالات بیرونی مربوط به بیت‌های کد شده گردد، $(\gamma_{dem}(c_i^j))$ ، تا بتوان از آن در الگوریتم *BCJR* استفاده کرد.

۴. الگوریتم *BCJR*:

زیر بلوکها استفاده می‌شود. اگر احتمال بیرونی بیت l ام از سمبل k ام را $\gamma(d_k^l)$ بنامیم، احتمال بیرونی برای این بیت کد شده (d_k^l) برابر نسبت احتمال پسین به احتمال پیشین (*a priori probability*) همان بیت می‌باشد. به عنوان مثال در حالت مدولاسیون 16-QAM، هرسمبل متشکل از ۴ بیت بوده و اگر احتمالات پیشین بیت‌ها که توسط آشکارساز کد (در اینجا آشکارساز کد نرم) بدست آمده است را $\gamma_{dec}(d_k^1) \dots \gamma_{dec}(d_k^4)$ بنامیم، احتمالات پسین بیت (d_k^1) با در نظر گرفتن γ_k به عنوان مشاهدات برابر خواهد بود با

$$P_{dem}(d_k^l | y_k) \propto \sum_{d_k^2, \dots, d_k^4 \in \{0,1\}} P(y | s(d_k^2, \dots, d_k^4)) \times \gamma_{dec}(d_k^1) \gamma_{dec}(d_k^2) \gamma_{dec}(d_k^3) \gamma_{dec}(d_k^4) \quad (۳)$$

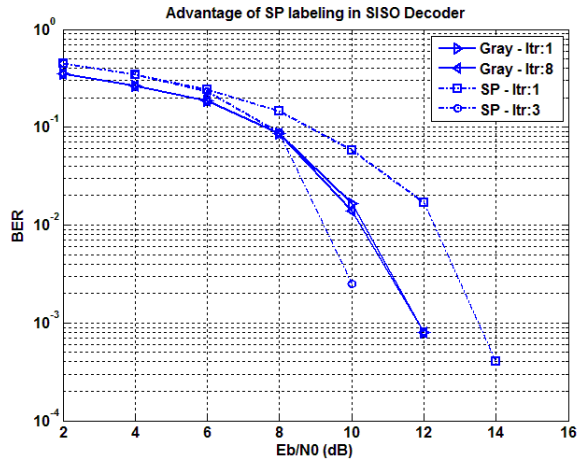
بنابراین احتمال بیرونی که همان خروجی دینگارنده می‌باشد برابر خواهد بود با

$$\gamma_{dem}(d_k^l | y_k) = K_1 \frac{P_{dem}(d_k^l | y_k)}{\gamma_{dec}(d_k^1)} = K_1 \sum_{d_k^2, \dots, d_k^4 \in \{0,1\}} P(y | s(d_k^2, \dots, d_k^4)) \times \gamma_{dec}(d_k^2) \gamma_{dec}(d_k^3) \gamma_{dec}(d_k^4) \quad (۴)$$

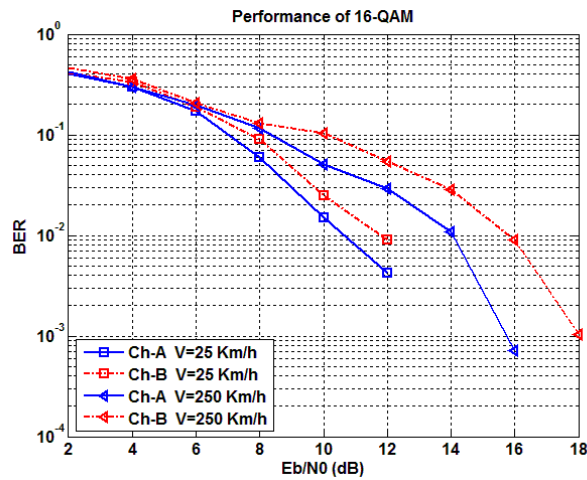
که در آن K ضریب نرمالیزاسیون می‌باشد به نحوی که

$$\gamma_{dem}(d_k^l = 0) + \gamma_{dem}(d_k^l = 1) = 1 \quad (۵)$$

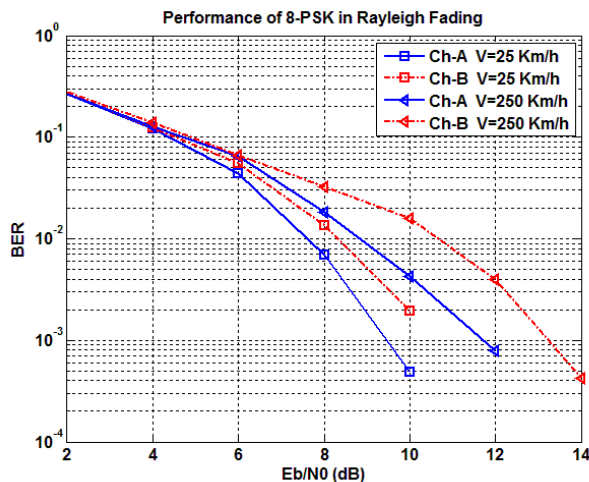
پس از بدست آمدن احتمالات بیرونی، با توجه به نحوه درهم ریزی بیتها در فرستنده عملیات عکس درهم ریزی (*De-Interleaving*) بر روی این احتمالات در گیرنده انجام شده و برای دیکد کردن به بلوک *SISO*



شکل ۴- مقایسه نگاشت Gray و Set-Partition در الگوریتم های تکراری



شکل ۵- عملکرد مدولاسیون 16-QAM در دو کانال مختلف



شکل ۶- عملکرد مدولاسیون 8-PSK در دو کانال مختلف

الف) احتمالات بیرونی بیت‌های گذشته محاسبه می‌شود. در کدهای کانولوشنی با نرخ $1/3$: $\gamma_{dec}(c_k^0)$ و $\gamma_{dec}(c_k^1)$ و $\gamma_{dec}(c_k^2)$.

ب) احتمالات پسین مربوط به بیت‌های اولیه بدست می‌آید $P_{dec}(b_i)$.

۵. احتمالات بیرونی بیت‌های کد شده $\gamma_{dec}(c_i^j)$ مجدداً در هم ریزی می‌شود تا به عنوان احتمالات پیشین $\gamma_{dec}(d_k^l)$ در دینگارنده مورد استفاده قرار گیرد.

۶. مراحل ۲ تا ۵ تکرار می‌شود.

۷. پس از چند تکرار، بیت‌های اولیه \hat{b}_i از طریق $P_{dec}(b_i)$ آشکار می‌شوند.

۵. نتایج شبیه سازی

در شبیه سازی انجام شده از مدولاسیون های 8-PSK و 16-QAM استفاده شده است. همچنین با توجه به قابلیت این استاندارد، عملکرد سیستم در دو سرعت مختلف، یعنی ۲۵ و ۲۵۰ کیلومتر در ساعت بررسی شده و نرخ خطای بیت در هر کدام از حالتها بدست آمده است. کانال در نظر گرفته شده نیز با توجه به جدول ۲، کانالی با پهنای باند ۳ مگاهرتز و اندازه FFT ۵۱۲ تعریف شده است. برای بلوک نگارنده از دو نگاشت Set-Partitioning و Gray استفاده شده است؛ همانطور که از شکل (۴) مشخص است عملکرد نگاشت Set-Partitioning در الگوریتم های تکرارپذیر بر مبنای کدهای کانولوشنی نسبت به نگاشت های دیگر همچون نگاشت Gray بسیار مناسبتر است و تکرارهای متوالی، میزان نرخ خطای بیت را تا حد چشمگیری کاهش می دهد. [۵]. در شکل ۴ ملاحظه می‌شود در صورت استفاده از نگاشت Gray، در گیرنده بعد از ۸ بار چرخه‌ی الگوریتم، میزان نرخ خطای بیت بهبود چندانی نمی‌یابد. در حالی که با استفاده از نگاشت Set-Partition تنها با ۳ بار تکرار حلقه، به نرخ خطایی بسیار بهتر از ۸ بار تکرار در استفاده از نگاشت Gray می‌رسیم. البته تکرار متوالی حلقه، پیچیدگی و حجم محاسبات را به سرعت افزایش می دهد.

در شکل ۵ و ۶ عملکرد مدولاسیون 16-QAM و 8-PSK بر میزان خطا نشان داده شده است مشاهده می‌شود اثر اندازه سرعت گیرنده در این

همین طور مشاهده می شود که با افزایش سرعت گیرنده متحرکه همانطور که انتظار می رفت، میزان خطا افزایش می یابد. دو نوع کانال برای بررسی این استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفتند که در کانال نوع B به دلیل گستره تاخیر بیشتر، مقدار نرخ خطای بیت در گیرنده بیشتر از کانال A می باشد.

استاندارد بر میزان نرخ خطای بیت بیشتر از اثر میزان گستره تاخیر است. در شکل ۷ نیز عملکرد مدولاسیون های 16-QAM و 8-PSK در رابط یکسان مقایسه شده است

۵. نتیجه گیری

شبیه سازی قسمت های اصلی مدولاسیون و کدینگ لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.20 در این مقاله برای کانال های مختلف انجام شده است. نتایج نشان می دهد در نسبت های سیگنال به نویز بالا، عملکرد این سیستم کاملاً قابل قبول است. دستیابی به مقادیر بالای نسبت سیگنال به نویز، با یک احتمال قابل قبول در اکثر زمان ها و مکان ها، می تواند توسط طراحی مناسب شبکه محقق شود.

سپاسگزاری

سید مهدی موسوی تروجنی از همکاری وحید پورگلزاری در پردازش اطلاعات صمیمانه قدردانی می نماید.

مراجع:

- [1] A. Greenspan, et.al, "IEEE 802.20: Mobile Broadband Wireless Access for the Twenty-First Century", IEEE Communications Magazine, pp 56 63 July 2008.
- [2] A. Jalili, S. M. Fakhraie, and S. Nader-Esfahani, "Performance Evaluation of IEEE 802.20 PHY Layer," Int. Conf. Computer Engineering and Technology 2009 (ICCET 2009), Jan. 2009.
- [3] IEEE 802.20, "IEEE 802.20 Channel Models Document," IEEE 802.20 PD-08r1, Jan. 2007, [online]. Available: <http://grouper.ieee.org/groups/802/20/291> Authorized licensed.
- [4] Local and Metropolitan Area Networks – Standard Air Interface for Mobile Broadband Wireless Access Systems Supporting Vehicular Mobility – Physical and Media Access Control Layer Specification, IEEE Standard 802.20, Aug. 2008.
- [5] B. Muquet, "Novel Receiver and Decoding Schemes for Wireless OFDM Systems with Cyclic Prefix or Zero Padding", Ph.D Thesis, June, 2001.
- [6] S. M. S. Sadough, "Ultrawideband OFDM systems: channel estimation and improved detection accounting for estimation inaccuracies," Ph.D. Dissertation, Université Paris-Sud 11, Jan. 2008.
- [7] L. Bahl, J. Cocke, F. Jelinek, and J. Raviv, "Optimal Decoder of linear Codes for minimizing Symbol Error Rate", IEEE Trans. on Information Theory, pp 284 287, Mar. 1974.