دانشکده ی مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : مهندسی مخابرات

عنوان : بررسی فیدینگ و روش مقابله با آن

استاد راهنما : دکتر محمد مصطفوی

نگارش : مصطفی قلی زاده

تیر ماه 1394

فهرست مطالب :

فصل اول : افت مسیر و اثرات سایه

افت مسیر و اثرات سایه[1]

کانال رادیویی بی سیم به عنوان یک محیط برای انتقال پرسرعت و قابل اعتماد اطلاعات باچالش جدی روبرو است. این کانال ها نه تنها به نویز، تداخل و دیگر موانع کانال حساس است بلکه این موانع در طول زمان و بسته به حرکت کاربر به صورت غیرقابل پیش بینی متغیر است. دراین فصل ما تغییرات درتوان سیگنال دریافتی ناشی ازافت مسیر واثرات سایه را در طول فاصله توصیف خواهیم کرد. افت مسیر به علت پراکنده سازی توان ساطع شده توسط فرستنده وهمچنین تأثیرات کانال انتشار به وجود می آید.عموماً درمدل های افت مسیرو فرض می شود که افت مسیر در یک فاصله ارسال-دریافت داده شده یکسان است (در اینجا فرض شده است که مدل افت مسیر، اثرات سایه را شامل نمی شود). اثرات سایه موانع موجود بین فرستنده و گیرنده می باشد که توان سیگنال را به واسطه ی جذب، انعکاس، پخش و پراش تضعیف می کند. هنگامی که تضعیف خیلی زیاد است، سیگنال مسدود می شود. تغییرات ناشی ازافت مسیر در مسافت های خیلی بزرگ رخ می دهد (متر 1000-100). درحالی که تغییرات ناشی ازاثرات سایه درمسافت های متناسب با اندازه ی شئ مانع شونده رخ می دهد (متر 100- 10 درمحیط های برون ساختمانی وکمتر از آن درمحیط های درون ساختمانی). چون تغییرات ناشی ازافت مسیر و اثرات سایه درفواصل نسبتاً زیاد رخ می دهد گاهی این تغییرات به عنوان اثرات انتشار با مقیاس بزرگ نامیده می شود. فصل 2 با تغییرات ناشی ازجمع سازنده ومخرب مؤلفه های سیگنال که ازچند مسیر آمده اند سر و کار دارد. تغییرات ناشی از چندمسیری درفواصل خیلی کوتاه – در حدود طول موج سیگنال –رخ می دهد. بنابراین این تغییرات گاهی به عنوان اثرات انتشار در مقیاس کوچک معرفی می شوند. شکل 1-1 نسبت توان دریافتی به ارسالی را به صورت دی بی در ازای لگاریتم فاصله برای ترکیب اثرات افت مسیر، سایه و چندمسیری[۲] نشان می دهد.

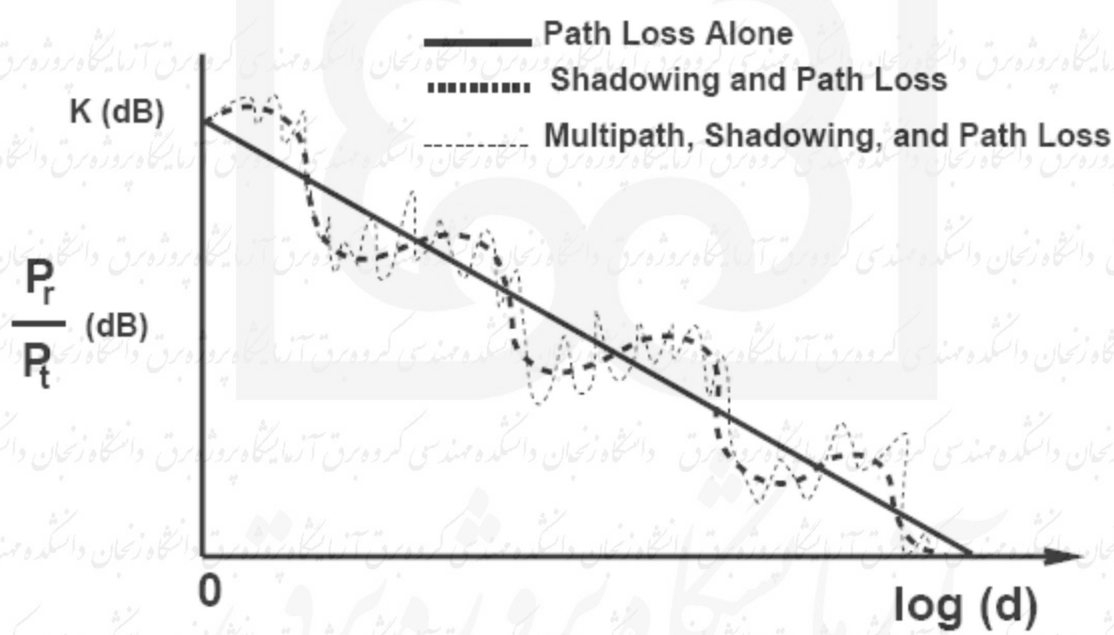
بعد از یک معرفی وتوصیف مختصرازسیگنال مان، ساده ترین مدل انتشار سیگنال را ارائه می دهیم: افت مسیر در فضای آزاد. یک سیگنال منتشرشونده میان دو نقطه بدون هیچ گونه تضعیف یا بازتاب از قانون انتشار در فضای آزاد تبعیت می کند. ما سپس مدل های انتشار مسیریابی را شرح می دهیم. این مدل ها برای تقریب انتشار موج با توجه به معاملات ماکسول استفاده می شوند و هنگامی که تعداد مؤلفه های مربوط

---

[1] Shadowing
[2] Multipath

به چندمسیری کم هستند ومحیط فیزیکی شناخته شده است، مدل های دقیقی می باشد. مدل های مسیریابی[1] به شدت به هندسه و ویژگی های دی الکتریکی منطقه ای که سیگنال در آن منتشرمی شود بستگی دارد. ما همچنین مدل های تجربی باپارامترهای براساس اندازه گیری های صورت گرفته ازهر دو نوع کانال درون ساختمانی و برون ساختمانی رانیزتوصیف می کنیم. ما همچنین یک مدل ساده ی کلی با یک مقداری پارامتر که اثرات اصلی افت مسیر را درتحلیل سیستم بدست می آورد را ارائه می دهیم . یک مدل لگاریتمی –نرمال[2] برای اثرات سایه براساس تعداد زیادی شئ دارای اثر سایه نیز داده شده است. هنگامی که تعداد مؤلفه های چندمسیری زیاد است، یا هندسه و ویژگی های دی الکتریکی محیط انتشار نامعلوم است، مدل های آماری باید به کارگرفته شوند. این مدل های چندمسیری آماری درفصل 2 تشریح خواهند شد.

مادامی که این فصل یک دید کلی مختصر از مدل های کانال برای افت مسیر و اثرات سایه می دهد ، پوشش جامع و فراگیر مدل های کانال و انتشار در فرکانس های مختلف موردنظر، استحقاق یک کتاب در حد و اندازه ی خود را دارد و در واقع چندین متن عالی دراین زمینه موجود می باشد. مدل های کانال برای سیستم های تخصصی ، مثلاً آنتن های مرکب وسیستم های فراپهن باند را می توان در [66و65] یافت.



شکل1-1 : اثرات افت مسیر ، سایه وچندمسیری در ازای فاصله

[1] Ray Tracing
[2] Log-Normal

1-1 انتشارموج رادیویی

اولین بار اطلاع پیدا کردن در مورد انتشار موج رادیویی به کار پیشگامانه ی جیمز کلارک ماکسول[۱] بر می گردد، کسی که درسال 1864 نظریه ی انتشار الکترومغناطیسی را که وجود امواج رادیویی را پیش بینی می کرد ، فرمول بندی کرد. در سال 1887 وجود فیزیکی این امواج به وسیله ی هاینریش هرتز[۲] اثبات شد. اگرچه هرتز هیچ استفاده ی عملی برای امواج رادیویی پیدا نکرد، با این استدلال که چون فرکانس های صوتی کم اند، و در نتیجه انتشارضعیف است، امواج رادیویی نمی توانند صدا را حمل کنند. کار ماکسول و هرتز زمینه ی مخابرات رادیویی را آغاز کرد: در سال 1894 الیورلاج[۳] این اصول را برای ساخت اولین سیستم ارتباطی بی سیم استفاده کرد، اگرچه فاصله ی انتقال آن محدود به 150 متر می شد. در 1897 بازرگان آلگیمو مارکونی[۴] ترتیب ارسال یک سیگنال رادیویی به یک کشتی یدکی با فاصله ی 18 مایل دورتر را دارد و در 1901 سیستم بی سیم مارکونی توانست اقیانوس اطلس را بپیماند. این سیستم ها ی اولیه از سیگنال های تلگراف برای انتقال اطلاعات استفاده می کردند. اولین انتقال صدا و موزیک بوسیله ی رینالد فسندن[۵] درسال 1906 با استفاده از نوعی مدولاسیون دامنه انجام شده که با انتقال سیگنال به یک فرکانس بالاتر آن را ازمحدودیت های انتشار در فرکانس های پایین که به وسیله ی هرتز مشاهده شده بود رها می کرد ، مثل آن چیزی که امروزه درتمام سیستم های بی سیم انجام می شود.

امواج الکترومغناطیسی درخلال محیط هایی که درآنها منتشرمی شوند به وسیله ی دیواره ها، زمین ، ساختمان ها و دیگر اشیاء منعکس، پخش و پراش می شوند. جزئیات نهایی این انتشار به وسیله ی معادلات ماکسول با شرایط مرزی که ویژگی های فیزیکی این اشیاء مسدود کننده را بیان می کنند، می تواند بدست بیاید. این نیازمند محاسبات سطح مقطع رادار ساختارهای بزرگ و پیچیده می باشد. ازآنجایی که این محاسبات سخت هستند و بسیاری اوقات پارامترهای مورد نیاز در دسترس نمی باشند، تقریبهایی برای توصیف انتشار سیگنال بدون مراجعه به معاملات ماکسول به وجود آمده اند. تقریبهایی که بیشتر معمول می باشند از تکنیک های مسیریابی استفاده می کنند. این تکنیک ها انتشار امواج الکترومغناطیسی را با نشان دادن جبهه ی موج ها به عنوان اجزاء ساده تقریب می زنند : مدل اثرات بازتاب و شکست را روی جبهه ی

[1] James Clerk Maxwell
[2] Heinrich Hertz
[3] Oliver Lodge
[4] Guglielmo Marconi
[5] Reginald Fessenden

موج مشخص می کند ولی پدیده های پیچیده تر پراکنده سازی که به وسیله ی معادلات دیفرانسیلی جفت شده ی ماکسول پیش بینی می شوند را نادیده می گیرد. ساده ترین مدل مسیریابی مدل دومسیری[۱] می باشد ، که هنگامی که یک مسیربین فرستنده و گیرنده و یک مسیر بازتاب وجود دارد انتشارسیگنال را به صورت دقیق توصیف می کند. مسیر بازتاب نوعاً از زمین به بالا می باشد و مدل دو مسیری تقریبی خوب برای انتشار در طول بزرگراه ها، جاده های روستایی و روی آب می باشد. سپس ما مدل های پیچیده تری با مؤلفه های بازتاب شده ، پراکنده شده یا پراش شده ی اضافی را در نظرمی گیریم. بسیاری ازمحیط های انتشار به درستی به صورت مدل های مسیریابی انعکاس نمی کنند.

در این حالت ها معمول است که مدل های تحلیلی مبتنی براندازه گیری های تجربی به کار برده شود و ما چندین مدل ازاین مدل های تجربی که خیلی معمول هستند را مورد بحث قرار خواهیم داد. اغلب پیچیدگی و تغییر پذیری کانال رادیویی به دست آوردن یک مدل تعیینی[۲] دقیق را مشکل می کند. برای این حالتها اغلب مدل های آماری استفاده می شود. تضعیفی که علت آن موانع موجود در مسیر سیگنال مانند ساختمان ها یا سایر اشیاء می باشد نوعاً به صورت آماری توصیف می شوند، مانند آن چه در بخش 7-1 توصیف می شود. همچنین مدل های آماری برای توصیف تداخل سازنده و مخرب هنگامی که تعداد زیادی ازمؤلفه های چند مسیری وجود دارد استفاده می شود، مانند آنچه درفصل 2 توصیف می شود. مدل های آماری درمحیط های با هندسه ی کاملاً منظم و ویژگی های دی الکتریکی یکنواخت دقیقتر می باشد. محیط های درون ساختمان ازمحیط های برون ساختمانی نامنظم تر هستند، زیرا هندسه و ویژگی های دی الکتریکی بسته به این که محیط درون ساختمانی یک کارخانه ی روباز باشد یا اتاقک اداره یا مغازه ی ماشین های آهنی باشد خیلی تغییرمی کند. برای این محیط ها ابزارهای مدل کردن به وسیله کامپیوتر در دسترس است تا ویژگی های انتشار سیگنال را پیش بینی کند[1] .

1-2 مدل های ارسال و دریافت سیگنال

مدل های ما برای سیگنال های درباندهای UHF وVHF که به ترتیب در رنج فرکانسی 0.3-3GHz و 3-30GHz می باشد قابل استفاده است. این محدوده ی فرکانسی به واسطه ی ویژگی های انتشار آن و اندازه ی نسبتأ کوچک آنتن مورد نیاز برای به کاربردن درسیستم بی سیم نسبتأ مساعد است. ما فرض می کنیم که فاصله ی ارسال روی زمین به اندازه کافی کوچک می باشد تا به وسیله ی انحنای زمین تحت تأثیرقرار نگیرد.

---

[1] Two Ray
[2] Deterministic

تمام سیگنال های ارسالی و دریافتی مورد نظر ما حقیقی هستند. این به آن دلیل است که مدولاتورها با استفاده از نوسانگرهایی ساخته می شوند که سینوسی های حقیقی تولید می کنند (نه نمایی های مختلط). اگرچه ما کانال های ارتباطی را با استفاده از یک پاسخ فرکانسی مختلط برای سادگی در تحلیل مدل می کنیم در حقیقت کانال فقط یک تغییر دامنه و فاز در هر فرکانس از سیگنال ارسالی داخل می کند بنابراین سیگنال دریافتی نیز حقیقی می باشد. سیگنال های حقیقی مدوله شده و دمدوله شده اغلب به صورت قسمت حقیقی یک سیگنال مختلط برای آسان کردن تحلیل نشان داده می شوند. این مدل موجب نمایش مختلط باند پایه ی سیگنال های میان گذرمی شود که ما برای سیگنال های ارسال شده ودریافت شده ی خودمان به کارمی گیریم .

ما سیگنال ارسال شده را به صورت زیر مدل می کنیم:

$$
\begin{aligned}
s(t) &= \Re\{ u(t)e^{j2\pi f_c t}\} \\
&= \Re\{ u(t)\}\cos(2\pi f_c t) - \Im\{u(t)\}\sin(2\pi f_c t) \\
&= x(t)\, cos(2\pi f_c t) - y(t) sin(2\pi f_c t) \qquad (1\text{-}1)
\end{aligned}
$$

که $u(t)=\mathcal{x}(t) + j\mathcal{Y}(t)$ یک سیگنال مختلط باندپایه است که مؤلفه های هم فاز آن $\mathcal{x}(t) = Re\{u(t)\}$ ، مؤلفه ی متعامد آن y(t)=Im{u(t)} ، پهنای باند آن B_{u} و توان آن P_u می باشد. سیگنال u(t) پوش مختلط و پایین گذر سیگنال S(t) نامیده می شوند. ما u(t) را پوش مختلط S(t) می نامیم چون دامنه ی u(t) همان دامنه ی S(t) و فاز u(t) همان فاز S(t) می باشد. این فاز شامل هرگونه انحراف فاز کریر یا حامل می باشد. این یک نمایش استاندارد برای سیگنال های باند پایه با پهنای باند $B << f_c$ می باشد، چون آن اجازه ی نمایش سیگنال ازطریق u(t) را بدون توجه به فرکانس حامل می دهد. توان سیگنال ارسال شده ی S(t) برابر $\mathrm{P_t} = \frac{\mathrm{P}_u}{2}$ می باشد. سیگنال دریافت شده نیز شکل مشابهی خواهد داشت:

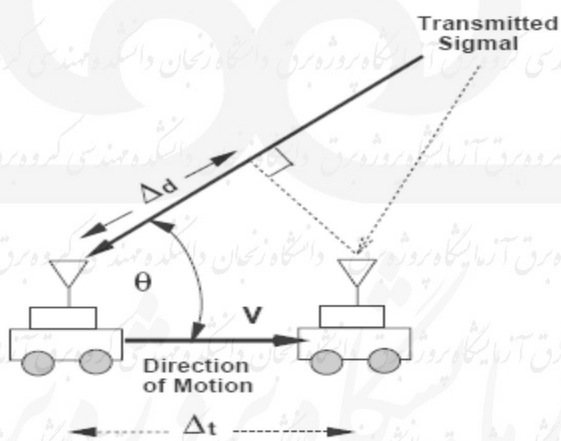
$$r(t)=Re\{\upsilon(t)e^{j2\pi f_c t}\} \qquad (1\text{-}2)$$

که سیگنال مختلط و باند پایه ی $\upsilon(t)$ وابسته به کانالی که S(t) از طریق آن منتشرمی شود، می باشد. مخصوصأ اگرS(t) ازطریق یک کانال تغییر ناپذیر با زمان ارسال شود درنتیجه: $v(t) = u(t) * c(t)$ ، که $c(t)$ معادل پایین گذر پاسخ ضربه ی کانال برای کانال مورد نظرمی باشد. کانال های تغییرپذیربازمان

در فصل 2 بررسی خواهد شد. سیگنال دریافت شده ممکن است که یک شیفت داپلر[1] $f_D = \frac{\upsilon \cos\theta}{\lambda}$ همراه داشته باشد که θ زاویه ی ورود سیگنال دریافتی نسبت به جهت حرکت، υ سرعت دریافت کننده به سمت ارسال کننده درجهت حرکت و $\lambda = \frac{c}{f_c}$ طول موج سیگنال می باشد.($c=3\times 10^8\, m/_s$ سرعت نورمی باشد). هندسه ی مربوط به شیفت داپلر در شکل 2-1 نشان داده شده است. شیفت داپلر از این حقیقت که حرکت فرستنده و گیرنده در یک بازه ی زمانی کوتاه Δt باعث یک تغییر جزئی در فاصله ای می شود $\Delta d = \upsilon \Delta t \cos\theta$ که سیگنال ارسال شده باید به سمت گیرنده حرکت کند. تغییر فاز به واسطه ی این تفاوت طول مسیر برابر $\Delta\varphi = \frac{2\pi\upsilon\Delta t \cos\theta}{\lambda}$ می باشد. پس فرکانس داپلر از رابطه ی بین فرکانس و فاز سیگنال بدست می آید :

$$f_D = \frac{1}{2\pi}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\upsilon \cos\theta}{\lambda} \quad (1\text{-}3)$$

اگر گیرنده به سمت فرستنده حرکت می کند یعنی : $-\frac{\pi}{2} \le \theta \le \frac{\pi}{2}$ در نتیجه فرکانس داپلر مثبت است درغیر این صورت منفی است. ما عبارت داپلر را در فضای آزاد و مدل های مسیریاب این فصل نادیده خواهیم گرفت چون برای سرعت ها ($75\frac{km}{hr}$) و فرکانس های (درحدود$1GHz$) وسایل نقلیه ی نوعی، درآن حدود$100Hz$ می باشد [2]. هرچند، ما اثرهای داپلر را در فصل 2 برای مدل های آماری فیدینگ[2] وارد خواهیم کرد.



شکل 2-1 : هندسه ی وابسته به شیفت داپلر

[1] Doppler
[2] Fading

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

مراجع

[1] T.S. Rappaport, *Wireless Communications - Principles and Practice,* 2nd Edition, Prentice Hall, 2001.

[2] W.C. Jakes, Jr., *Microwave Mobile Communications*. New York: Wiley, 1974. Reprinted by IEEE Press.

[3] D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*. New York: Halsted Press (Division of Wiley). 1992.

[4] A. S. Y. Poon and R. W. Brodersen, "The role of multiple-antenna systems in emerging open access environenvironments,"*EE Times Commun. Des. Conf.*, Oct. 2003.

[5] M. P¨atzold, *Mobile Fading Channels*. New York: Wiley. 2002.

[6] G. Stuber, *Principles of Mobile Communications,* 2nd Ed., Boston: Kluwer Academic Press. 2001.

[7] J.W. McKown and R.L. Hamilton, Jr., "Ray tracing as a design tool for radio networks," *IEEE Network* , Vol.5, No. 6, pp. 27–30, Nov. 1991.

[8] N. Amitay, "Modeling and computer simulation of wave propagation in lineal line-of-sight microcells," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol VT-41, No. 4, pp. 337–342, Nov. 1992.

[9] K. A. Remley, H. R. Anderson, and A. Weisshar, "Improving the accuracy of ray-tracing techniques for indoor propagation modeling," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 2350–2358, Nov. 2000.

[10] T. Kurner, D.J. Cichon, andW.Wiesbeck, "Concepts and results for 3D digital terrain-basedwave propagation models: an overview," *IEEE J. Select. Areas Commun.* pp. 1002–1012, Sept. 1993.

[11] H.-J. Li, C.-C. Chen, T.-Y. Liu, and H.-C. Lin, "Applicability of ray-tracing techniques for prediction of outdoor channel characteristics," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 2336–2349, Nov. 2000.

[12] K. Schaubach, N.J. Davis IV, and T.S. Rappaport, “A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environments,” *Proc. IEEE Vehic. Technol. Conf.*, pp. 932–935, May 1992.

[13] A. Domazetovic, L.J. Greenstein, N. Mandayan, and I. Seskar, “A new modeling approach for wireless channels with predictable path geometries,” *Proc. IEEE Vehic. Technol. Conf,* Sept. 2002.

[14] J.H. Tarng, W.-S. Liu, Y.-F. Huang, and J.-M. Huang, “A novel and efficient hybrid model of radio multipathfading channels in indoor environments,” *IEEE Trans. Ant. Prop.*, Vol. 51, pp. 585 - 594, March 2003.

[15] A.J. Rustako, Jr., N. Amitay, G.J. Owens, and R.S. Roman, “Radio propagation at microwave frequencies for line-of-sight microcellular mobile and personal communications,” *IEEE Trans. Vehic. Technol. Conf.*, Vol VT-40, No. 1, pp. 203–210, Feb. 1991.

[16] W.C.Y. Lee, *Mobile Communications Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1982.

[17] J.-E. Berg, R. Bownds, and F. Lotse, “Path loss and fading models for microcells at 900 MHz,” *Vehic. Technol. Conf. Rec.*, pp. 666–671, May 1992.

[18] E. McCune and K. Feher, “Closed-form propagation model combining one or more propagation constant segments,” *Proc. IEEE Vehic. Technol. Conf.*, pp. 1108–1112, May 1997.

[19] S. Y Seidel and T. S. Rappaport, “914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings,” *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*”, pp. 207–217, Feb. 1992.

[20] S. Y. Seidel, T. S. Rappaport, M.J. Feuerstein, K.L. Blackard, L. Grindstaff, “The impact of surrounding buildings on propagation for wireless in-building personal communications system design,” *Proceedings: IEEE Vehicular Technology Conference,* pp. 814–818, May 1992.

[21] A.J. Motley and J.M.P. Keenan, “Personal communication radio coverage in buildings at 900 MHz and 1700 MHz,” *Electronic Letters*, pp. 763–764, June 1988.

[22] F.C. Owen and C.D. Pudney, “Radio propagation for digital cordless telephones at 1700 MHz and 900 MHz,” *Electronic Letters,* pp. 52-53, Sept. 1988.

[23] C.R. Anderson, T.S. Rappaport, K. Bae, A. Verstak, N. Tamakrishnan, W. Trantor, C. Shaffer, and L.T. Waton, “In-building wideband multipath characteristics at 2.5 and 60 GHz,” *Proceedings: IEEE Vehicular Technology Conference,* pp. 24-28, Sept. 2002.

[24] L.-S. Poon and H.-S. Wang, “Propagation characteristic measurement and frequency reuse planning in an office building,” *Proceedings: IEEE Vehicular Technology Conference,* pp. 1807–1810, June 1994.

[25] G. Durgin, T.S. Rappaport, and H. Xu, “Partition-based path loss analysis for in-home and residential areas at 5.85 GHz,” *Proceedings: IEEE Globecom Conference,* pp. 904–909, Nov. 1998.

[26] A. F. Toledo and A.M.D. Turkmani, “Propagation into and within buildings at 900, 1800, and 2300 MHz,” *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference,* pp. 633-636, May 1992.

[27] A.F. Toledo, A.M.D. Turkmani, and J.D. Parsons, “Estimating coverage of radio transmission into and within buildings at 900, 1800, and 2300 MHz,” *IEEE Personal Communications Magazine,* pp. 40–47, April 1998.

[28] R. Hoppe, G. W¨olfle, and F.M. Landstorfer, “Measurement of building penetration loss and propagation models for radio transmission into buildings,” *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference,* pp. 2298–2302, April 1999.

[29] E.H. Walker, “Penetration of radio signals into buildings in cellular radio environments,” *Bell Systems Technical Journal*, Sept. 1983.

[30] W.C.Y. Lee, *Mobile Communication Design Fundamentals,* Indianapolis, IN: Sams, 1986.

[31] D.M.J. Devasirvathan, R.R. Murray, and D.R. Woiter, “Time delay spread measurements in a wireless local loop test bed,” *Proceedings: IEEE Vehicular Technology Conference*,” pp. 241–245, May 1995.

[32] M. Feuerstein, K. Blackard, T. Rappaport, S. Seidel, and H. Xia, “Path loss, delay spread, and outage models as functions of antenna height for microcellular system design,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* pp. 487–498, Aug. 1994.

[33] S.T.S. Chia, “1.7 GHz propagation measurement for highway microcells,” *Electronic Letters*, pp. 1279–1280, Aug. 1990.

[34] V. Erceg, L. J. Greenstein, S. Y. Tjandra, S. R. Parkoff, A. Gupta, B. Kulic, A. A. Julius, and R. Bianchi, “An empirically based path loss model for wireless channels in suburban environments,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp. 1205–1211, July 1999.

[35] A.J. Goldsmith and L.J. Greenstein, “A measurement-based model for predicting coverage areas of urban microcells,” *IEEE J. Selected Areas Commun.*, Vol. SAC-11, No. 7, pp. 1013–1023, Sept. 1993.

[36] F. Ikegami, S. Takeuchi, and S. Yoshida, “Theoretical prediction of mean field strength for urban mobile radio,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-39, No. 3, pp. 299–302, March 1991.

[37] M.C. Lawton and J.P. McGeehan, “The application of GTD and ray launching techniques to channel modeling for cordless radio systems,” *Vehic. Technol. Conf. Rec.*, pp. 125–130, May 1992.

[38] R.J. Luebbers, “Finite conductivity uniform GTD versus knife edge diffraction in prediction of propagation path loss,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-32, No. 1, pp. 70–76, Jan. 1984.

[39] C. Bergljung and L.G. Olsson, “Rigorous diffraction theory applied to street microcell propagation,” *Globecom Conf. Rec.*, pp. 1292–1296, Dec. 1991.

[40] J.B Keller, “Geometrical theory of diffraction,” *J. Opt. Soc. Amer.,* pp. 116-130, 1962.

[41] R.G. Kouyoumjian and P.H. Pathak, “A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface,” *Proc. IEEE*, pp. 1448–1461, Nov. 1974.

[42] G.K. Chan, "Propagation and coverage prediction for cellular radio systems," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol VT-40, No. 4, pp. 665–670, Nov. 1991.

[43] K.C. Chamberlin and R.J. Luebbers, "An evaluation of Longley-Rice and GTD propagation models," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol AP-30, No. 11, pp. 1093–1098, Nov. 1982.

[44] M.I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

[45] S.Y. Seidel, T.S. Rappaport, S. Jain, M.L. Lord, and R. Singh, "Path loss, scattering, and multipath delay statistics in four European cities for digital cellular and microcellular radiotelephone," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol VT-40, No. 4, pp. 721–730, Nov. 1991.

[46] S.T.S. Chia, "1700 MHz urban microcells and their coverage into buildings," *IEE Antennas Propagat. Conf. Rec.*, pp. 504–511, York, U.K., April 1991.

[47] D. Wong and D.C. Cox, "Estimating local mean signal power level in a Rayleigh fading environment," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol. 48, pp. 956 - 959, May 1999.

[48] D. Akerberg, "Properties of a TDMA Picocellular Office Communication System," *Proc: IEEE Globecom*, pp. 1343–1349, Dec. 1988.

[49] P. Harley, "Short distance attenuation measurements at 900 MHz and 1.8 GHz using low antenna heights for microcells," *IEEE J. Selected Areas Commun.*, Vol. SAC-7, No. 1, pp. 5–11, Jan. 1989.

[50] J.-F. Wagen, "Signal strength measurements at 881 MHz for urban microcells in downtown Tampa," *Globecom Conf. Rec.*, pp. 1313–1317, Dec. 1991.

[51] R.J.C. Bultitude and G.K. Bedal, "Propagation characteristics on microcellular urban mobile radio channels at 910 MHz," *IEEE J. Selected Areas Commun.*, Vol. SAC-7, No. 1, pp. 31–39, Jan. 1989.

[52] J.H. Whitteker, "Measurements of path loss at 910 MHz for proposed microcell urban mobile systems," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol VT-37, No. 6, pp. 125–129, Aug. 1988.

[53] H. B¨orjeson, C. Bergljung, and L.G. Olsson, "Outdoor microcell measurements at 1700 MHz.," *Vehic. Technol. Conf. Rec.*, pp. 927–931, May 1992.

[54] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol VT-29, No. 3, pp. 317–325, Aug. 1980.

[55] T. Okumura, E. Ohmori, and K. Fukuda, "Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile service," *Review Electrical Communication Laboratory,* Vol. 16, No. 9-10, pp. 825–873, Sept.-Oct. 1968.

[56] European Cooperative in the Field of Science and Technical Research EURO-COST 231, "Urban transmission loss models for mobile radio in the 900 and 1800 MHz bands," Revision 2, The Hague, Sept. 1991.

[57] J. Walfisch and H.L. Bertoni, "A theoretical model of UHF propagation in urban environments," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, pp. 1788-1796, Oct. 1988.

[58] M. Gudmundson, "Correlation model for shadow fading in mobile radio systems," *Electr. Lttrs.*, Vol. 27, pp. 2145–2146, Nov. 7, 1991.

[59] A. Algans, K. I. Pedersen, and P.E. Mogensen, "Experimental analysis of the joint statistical properties of azimuth spread, delay spread, and shadow fading," *IEEE Journal Selected Areas Communications*, pp. 523– 531, April 2002.

[60] J. Weitzen and T. Lowe, "Measurement of angular and distance correlation properties of log-normal shadowing at 1900 MHz and its application to design of PCS systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pp. 265–273, March 2002.

[61] W. Turin, R. Jana, S.S Ghassemzadeh, V. W. Rice, V. Tarokh, "Autoregressive modeling of an indoor UWB channel," *Proc. IEEE Conf. UWB Syst. Technol.*, pp. 71–74, May 2002.

[62] S.S. Ghassemzadeh, L.J. Greenstein, A. Kavcic, T. Sveinsson, V. Tarokh, "Indoor path loss model for residential and commercial buildings," *Proc. Vehic. Technol. Conf.*, pp. 3115–3119, Oct. 2003.

[63] M. Marsan and G.C. Hess, "Shadow variability in an urban land mobile radio environment," *Electronics Letters*, pp. 646–648, May 1990.

[64] A. J. Goldsmith, L. J. Greenstein, and G.J. Foschini, "Error statistics of real-time power measurements in cellular channels with multipath and shadowing," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 43, No. 3, pp. 439-446, Aug. 1994.

[65] *IEEE Journal Select. Areas Commun.* Special Issue on Channel and Propagation Modeling for Wireless Systems Design, April 2002 and Aug. 2002.

[66] *IEEE Journal Select. Areas Commun.* Special Issue on Ultra-Wideband radio in multiaccess wireless communications, Dec. 2002.

[67] R.S. Kennedy. *Fading Dispersive Communication Channels*. New York: Wiley, 1969.

[68] D.C. Cox. "910 MHz urban mobile radio propagation: Multipath characteristics in New York City," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-21, No. 11, pp. 1188–1194, Nov. 1973.

[69] G.L. Turin. "Introduction to spread spectrum antimultipath techniques and their application to urban digital radio," *IEEE Proceedings*, Vol. 68, No. 3, pp. 328–353, March 1980.

[70] R.H. Clarke, "A statistical theory of mobile radio reception," *Bell Syst. Tech. J.*, pp. 957-1000, July-Aug. 1968.

[71] W.C. Jakes, Jr., *Microwave Mobile Communications*. New York: Wiley, 1974.

[72] T.S. Rappaport, *Wireless Communications - Principles and Practice,* 2nd Edition, Prentice Hall, 2001.

[73] M. P¨atzold, *Mobile fading channels: Modeling, analysis, and simulation,* Wiley, 2002.

[74] M.K. Simon and M.-Sl. Alouini, *Digital Communication over Fading Channels,* New York: Wiley, 2000.

[75] S.O. Rice, "Mathematical analysis of random noise," *Bell System Tech. J.*, Vol. 23, No. 7, pp. 282–333, July 1944, and Vol. 24, No. 1, pp. 46–156, Jan. 1945.

[76] J.G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd Ed., New York: McGraw-Hill, 1995.

[77] G.L. Stuber, *Principles of Mobile Communications*, Kluwer Academic Publishers, 2nd Ed., 2001.

[78] W.C.Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Systems*, New York: Mcgraw Hill, 1989.

[79] F. Babich, G. Lombardi, and E. Valentinuzzi, "Variable order Markov modeling for LEO mobile satellite channels," *Electronic Letters*, pp. 621–623, April 1999.

[80] A.M. Chen and R.R. Rao, "On tractable wireless channel models," *Proc. International Symp. on Pers., Indoor, and Mobile Radio Comm.*, pp. 825–830, Sept. 1998.

[81] H.S. Wang and N. Moayeri, "Finite-state Markov channel - A useful model for radio communication channels," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 163–171, Feb. 1995.

[82] P.A. Bello, "Characterization of randomly time-variant linear channels," *IEEE Trans. Comm. Syst.*, pp. 360– 393, Dec. 1963.

[83] Y. L. Guan and L. F. Turner, ”Generalised FSMC model for radio channels with correlated fading,” *IEE Proc. Commun.*, pp. 133–137, April 1999.

[84] M. Chu and W. Stark,“Effect of mobile velocity on communications in fading channels,” *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, Vol 49, No. 1, pp. 202–210, Jan. 2000.

[85] C.C. Tan and N.C. Beaulieu, “On first-order Markov modeling for the Rayleigh fading channel,” *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 48, No. 12, pp. 2032–2040, Dec. 2000.

[86] C. Pimentel and I.F. Blake, “”Modeling burst channels using partitioned Fritchman’s Markov models, *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 885–899, Aug. 1998.

[87] C. Komninakis and R. D. Wesel, ”Pilot-aided joint data and channel estimation in flat correlated fading,” *Proc. of IEEE Globecom Conf. (Comm. Theory Symp.)*, pp. 2534–2539, Nov. 1999.

[88] M. Peleg, S. Shamai (Shitz), and S. Galan, “Iterative decoding for coded noncoherent MPSK communications over phase-noisy AWGN channels,” *IEE Proceedings - Communications*, Vol. 147, pp. 87–95, April 2000.

[89] Y. Mohasseb and M.P. Fitz, “A 3-D spatio-temporal simulation model for wireless channels,” *IEEE J. Select. Areas Commun.* pp. 1193–1203, Aug. 2002.

[90] R. Ertel, P. Cardieri, K.W. Sowerby, T. Rappaport, and J. H. Reed, “Overview of spatial channel models for antenna array communication systems,” *IEEE Pers. Commun. Magazine*, pp. 10–22, Feb. 1998.

[91] T. Aulin, “A modified model for fading signal at the mobile radio channel,” *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 182–202, Aug. 1979.

[92] J.D. Parsons and M.D.Turkmani, “Characterization of mobile radio signals: model description.” *Proc. Inst. Elect. Eng.* pt. 1, pp. 459–556, Dec. 1991.

[93] J.D. Parsons and M.D.Turkmani, “Characterization of mobile radio signals: base station crosscorrelation.” *Proc. Inst. Elect. Eng.* pt. 2, pp. 459–556, Dec. 1991.

[94] D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*. New York: Wiley, 1994.

[95] L.G. Greenstein, J.B. Andersen, H.L. Bertoni, S. Kozono, and D.G. Michelson, (Eds.), *IEEE Journal Select. Areas Commun.* Special Issue on Channel and Propagation Modeling for Wireless Systems Design, Aug. 2002.

[96] M. Simon and M.-S. Alouini, *Digital Communication over Fading Channels A Unified Approach to Performance Analysis*. Wiley, 2000.

[97] W. Lee, *Mobile Communications Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1982.

[98] J.Winters, “Signal acquisition and tracking with adaptive arrays in the digital mobile radio system is-54 with flat fading,” *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol. 43, pp. 1740–1751, Nov. 1993.

[99] G. L. Stuber, *Principles of Mobile Communications, 2nd Ed.* Kluwer Academic Publishers, 2001.

[100] M. Blanco and K. Zdunek, “Performance and optimization of switched diversity systems for the detection of signals with rayleigh fading,” *IEEE Trans. Commun.*, pp. 1887–1895, Dec. 1979.

[101] A. Abu-Dayya and N. Beaulieu, “Switched diversity on microcellular ricean channels,” *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, pp. 970–976, Nov. 1994.

[102] A. Abu-Dayya and N. Beaulieu, “Analysis of switched diversity systems on generalized-fading channels,” *IEEE Trans. Commun.*, pp. 2959–2966, Nov. 1994.

[103] M. Yacoub, *Principles of Mobile Radio Engineering*. CRC Press, 1993.

[104] S. Alamouti, “A simple transmit diversity technique for wireless communications,” *IEEE J. Select. Areas Commun.*, pp. 1451–1458, Oct. 1998.

[105] A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, *Introduction to Space-Time Wireless Communications*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2003.

[106] M. K. Simon and M. -S. Alouini, “A unified approach to the performance analysis of digital communications over generalized fading channels,” *Proc. IEEE*, vol. 86, pp. 1860–1877, September 1998.

[107] M. K. Simon and M. -S. Alouini, “A unified approach for the probability of error for noncoherent and differentially coherent modulations over generalized fading channels,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-46, pp. 1625–1638, December 1998.

اختصارات

AWGN : Additive White Gaussian Noise

BPSK : Binary PSK

CDF : Commutative Density Function

DPSK : Differential PSK

EGC : Equal Gain Combining

IID : Independent and Identity Distribution

ISI : Inter Symbol Interference

MRC : Maximal Ratio Combining

PSD : Power Spectrum Density

PSK : Phase Shift Keying

SC : Selective Combining

SNR : Signal to Noise Ratio

SS : Spread Spectrum

SSC : Switch and Stay Combining

WSS : Wide Sense Stationary