



دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

مخبرات : انگریز

برهم کنش میان آنتن ترمینال موبایل و کاربر

استاد راهنما:

دکتر حبیب الله زلفخانی

نگارش:

مینا کلانتری

زمستان 90

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	1
فصل اول: برهم کنش میان آنتن و کاربر	2
1-1 مقدمه	3
2-1 جذب امواج توسط کاربر	3
3-1 امواج رادیویی در مواد دی الکتریک دارای تلفات	4
4-1 خواص دی الکتریک بافت های بدن انسان	6
5-1 ناحیه های تابشی یک آنتن	8
1-5-1 تعاریف	8
2-5-1 ناحیه های تابشی آنتن های دستی	9
6-1 پارامترهای آنتن در مجاورت یک کاربر	10
1-6-1 مدار معادل در بر گیرنده تأثیر کاربر	10
2-6-1 تئوری آشفتگی	11
7-1 تئوری های مربوط به تولید SAR	13
8-1 آنتن هایی بر پایه المان کوپلینگ	16
فصل دوم: مطالعات شبیه سازی روی توزیع میدان نزدیک	18
1-2 مقدمه	19
2-2 مدل آنتن بکار رفته در شبیه سازی ها	20
1-2-2 ضریب بازتابش	21
2-2-2 پهنای باند	22
3-2-2 توزیع جریان	24
4-2-2 توزیع میدان نزدیک	26
3-2-2 توزیع میدان درون و نزدیک ماده ی دی الکتریک	29
1-3-2 تأثیر قسمت حقیقی گذردهی الکتریکی ϵ_r	30
2-3-2 تأثیر هدایت الکتریکی موثر σ_{eff}	38
فصل سوم: وابستگی فرکانسی پارامترهای آنتن	41
1-3-1 مقدمه	42
2-3-1 شبیه سازی با یک بلوک دی الکتریک ساده	42
1-2-3 فرکانس تشدید	43
2-2-3 پهنای باند	45
3-2-3 راندمان تابش	46
4-2-3 SAR	47
3-3-1 شبیه سازی با استفاده از مدل غیر واقعی سر SAM	50
1-3-3 فرکانس تشدید	50
2-3-3 پهنای باند	51
3-3-3 راندمان تابش	52
SAR 4-3-3	54
4-3-1 خلاصه نتایج شبیه سازی	55

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب
زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
57 فصل چهارم: مکانیزم های کنترل SAR.....
58 1-4 مقدمه.....
59 2-4 آنتن با تابش کننده پارازیتی به عنوان حفاظ SAR.....
59 3-4 شبیه سازی فضای آزاد.....
59 1-3-4 میدان های نزدیک.....
63 2-3-4 توزیع جریان.....
64 4-4 شبیه سازی با مدل بلوک.....
65 SAR 1-4-4.....
68 2-4-4 راندمان تابش.....
69 3-4-4 پهنای باند.....
70 4-4-4 توزیع میدان نزدیک.....
75 5-4-4 شبیه سازی با مدل سر.....
76 SAR 1-5-4.....
77 2-5-4 راندمان تابش.....
78 3-5-4 پهنای باند.....
79 4-5-4 توزیع میدان نزدیک.....
82 6-4 خلاصه روش کنترل SAR بررسی شده.....
84 فصل پنجم: نتیجه گیری.....
88 منابع و مراجع.....

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان
دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب
زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجان

چکیده

توسعه ی سامانه های ارتباط بی سیم در دهه های اخیر سرعت خیره کننده ای داشته اند. اشتیاق روبه

رشد برای اضافه کردن سامانه های بیشتر به وسایل قابل حمل، چالشهای فراوانی را پیش روی طراحان

آنتن قرار داده اند. علاوه بر نیاز به پهنای باند وسیع آنتن های بکار رفته در ترمینال های موبایل های

چند سیستمی امروزی، افزایش زیاد میزان تشعشعات الکترومغناطیسی در محیط نگرانی های مربوط به

خطرات احتمالی ناشی از وسایل بی سیم برای سلامتی را افزایش داده است. اگرچه بیشترین ترس

معمول افراد مربوط به خطر بالقوه سرطان مغز و دیگر بیمای های خطرناک می شود اما تحقیقات راجع

به ترمینال های موبایل در مجاورت کاربر از لحاظ دیدگاه فنی نیز اهمیت دارد. کاهش توان جذب شده

توسط کاربر نه تنها هرگونه آسیب های بالقوه به سلامتی را کاهش می دهد بلکه باعث کارایی بیشتر آنتن

می گردد. درک کامل چرایی و چگونگی فرایند جذب میدان های تولید شده توسط آنتن ترمینال توسط

کاربر ما را قادر خواهد کرد تا آنتن ها را از ابتدا طوری طراحی کنیم که انرژی جذب شده توسط کاربر

بتواند کمینه (مینیمم) گردد. از آنجایی که به وجود رابطه ی متقابل قوی میان اندازه آنتن، پهنای باند

راندمان تابش و SAR (نرخ جذب ویژه) به خوبی واقفیم، طراحی یک آنتن ترمینال موبایل که به طور

مطلوب در تمامی محیط های ممکن کار کند چالش بزرگی است.

از ابتدا انگیزه این پایان نامه اشتیاق به توانایی در طراحی آنتن ترمینال موبایلی است که بتواند هم در

فضای آزاد و هم در مجاورت کاربر در هر وضعیت مکالمه عملکرد بهینه ای داشته باشد. جهت کم کردن

پیچیدگی مسئله مطالعات این پایان نامه در یک سطح بسیار پایه و ساده انجام شده است. ممکن است

بسیاری از مدلها و تکنیکهای مورد استفاده کاملاً متفاوت از یک محیط واقعی تلفن موبایل به نظر برسند.

گرچه بسیاری از نتایج به دست آمده می تواند به صورت سراسر برای سناریوهای پیچیده تر نیز به

خوبی به کار روند.

این پایان نامه در مجموع شامل 5 فصل می باشد: در فصل 1 مکانیزم های جذب انرژی در پیکره های

بیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفته است این فصل شامل مباحث مربوط به ویژگی های دی الکتریک بافت

های مختلف بدن انسان می شود. در فصل 2 مطالعات شبیه سازی با تحلیل میدان های نزدیک یک آنتن

بر پایه المان کوپلینگ در مجاورت و درون ماده ی دی الکتریک آغاز می گردد. در فصل 3 وابستگی

فرکانسی پارامترهای مهم این آنتن در مجاورت ماده ی دی الکتریک مورد مطالعه قرار گرفته است. در

فصل 4 روشی برای افزایش راندمان تابش یک آنتن ترمینال موبایل از طریق کاهش انرژی جذب شده

توسط سر کاربر معرفی شده و تحلیل می گردد و سرانجام در فصل 5 نتایج کلی این پایان نامه ارائه

خواهد شد.

1-1 مقدمه:

از آنجایی که در ارتباطات موبایل های شخصی، همواره انسانی که از این وسیله استفاده می کند حضور دارد، پس به منظور طراحی موبایلی با عملکرد مناسب بایستی تأثیر کاربر را در نظر گرفت. کاربر موبایل را می توان در اصل به عنوان بخشی از سیستم تابشی در نظر گرفت و می دانیم که بافت های انسانی بر میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده توسط این ابزارها تأثیر دارند. وقتی موج های رادیویی در مواد دی الکتریک، مانند بافت های انسانی، پخش می شوند داخل این مواد میدان الکتریکی ایجاد می شود. حرکت ذرات به دلیل میدان الکتریکی و نیروی اصطکاک حاصله باعث تلفات انرژی شده و این در نهایت منجر به جذب انرژی می گردد. به خوبی می دانیم این میدان الکتریکی داخل مواد دی الکتریک چگونه با مواد برهم کنش می کند؛ اما در مورد ارتباط بین میدان اصلی بیرونی و میدان داخلی ایجاد شده نکات ابهامی وجود دارد. چون کارایی کلی یک سیستم شافل آنتن و کاربر شدیداً تحت تأثیر انرژی جذب شده توسط کاربر است در نتیجه موضوع مکانیزم جذب انرژی در بافت های انسانی از دیدگاه کارایی آنتن یکی از موضوعات مهم است. بنابراین برای یک طراح آنتن بسیار مفید است که مکانیزم ها را بداند و درک کند و بتواند اثر آن بر پهنای باند، راندمان و SAR را پیش بینی کند. در این فصل تعامل بین میدان های ایجاد شده توسط آنتن و بافت های دی الکتریک کاربر مجاور مورد مطالعه قرار می گیرد.

1-2 جذب امواج توسط کاربر

در طول سالیان اخیر موضوع برهم کنش الکترومغناطیسی مابین بافت انسان و یک وسیله قابل حمل به منظور بهبود و درک ایمنی تابش سامانه های ارتباطی بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است. در مورد تلفن همراه بخش مهمی از توان تابیده شده از آنتن در واقع توسط سر، دست و بقیه بدن کاربر جذب می گردد. به هر حال مطابق دانش امروزی تنها تأثیری که این تابش بر انسان دارد افزایش دمای بافت ها می باشد. مشخص شده است که افزایش دما در سطح مغز بیش از $0/3$ درجه نیست که به هیچ وجه اهمیت فیزیولوژیکی ندارد. به عنوان مقایسه تغییرات طبیعی حدود $1^{\circ} C \pm$ بوده و در یک تمرین فیزیکی خسته کننده حتی افزایش دمایی حدود $2^{\circ} C$ کاملاً طبیعی است [11].

اگرچه افزایش در دمای بافت جهت هرگونه صدمه بیولوژیکی بسیار ناچیز است اما در تئوری ممکن است

که میدان های الکتریکی از طریق یک مکانیزم غیر دمایی ناشناخته عملکرد طبیعی سلول را مختل نماید.

از این رو علاوه بر گرمایش بافتی، سلیر خطرلت ممکن برای سلامتی ناشی از تابش تلفن همراه نیز به

شدت مورد مطالعه قرار دارد. به وضوح رایج ترین موضوع تحقیق رابطه ی ممکن مابین امواج تلفن همراه

و سرطان مغز بوده است. اگرچه بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعات نمی توان نتیجه گیری کرد که امواج حاصل از تلفن های همراه برای سلامتی مضر هستند [11].

پارامتر دوزومتریکی (مقدار جذب ویژه) اولیه برای بررسی مقدار جذب امواج الکترومغناطیسی در بدن انسان نرخ جذب ویژه یا SAR است. SAR پیمانه ای برای تعیین انرژی میکروویو جذب شده توسط واحد جرم بافت است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$SAR = \sigma_{eff} \frac{E^2}{\rho} \quad (1-1)$$

که در آن σ_{eff} رسانایی مؤثر بافت، E میانگین حسابی ریشه دوم مقدار شدت میدان الکتریکی القایی و ρ چگالی بافت می باشد. واحد SAR وات بر کیلوگرم (W / Kg) یا میلی وات بر گرم (mW / g) بوده و نشان دهنده ی نرخ جذب انرژی RF (فرکانس رادیویی) در یک مکان خاص درون بافت در واحد زمان است. در عمل SAR همیشه به صورت مقدار متوسط در یک جرم بافتی محدود غالباً 1 یا 10 گرم تعیین می گردد [2] و [11].

جدول 1-1 نمایش دهنده حدود توصیه شده مقادیر بیشینه ی موضعی SAR در یک محیط کنترل شده است که توسط IEEE (مؤسسه مهندسیین برق و الکترونیک) و ICNIRP (کمیسیون بین المللی محافظت در برابر امواج فریون ساز) تنظیم گردیده است. دراروپا توصیه های ICNIRP بیشتر مورد توجه قرار می گیرد در حالیکه استانداردهای IEEE که تا حدودی سختگیرانه تر هستند در آمریکا مورد استفاده قرار می گیرند [11]، [12] و [13].

جدول 1-1: مقادیر بیشینه ی موضعی SAR توصیه شده توسط IEEE و ICNIRP و [12] و [13]

ICNIRP	IEEE	
0.08	0.08	متوسط SAR (W/kg) در کل بدن
2	1.6	پیک فضای SAR (W/kg) در بدن بجز دستها، پاها و قوزک ها
10	1	جرم متوسط گیری (g)
4	4	پیک فضای SAR (W/kg) در دستها، پاها و قوزک ها
10	10	جرم متوسط گیری (g)
6	30	زمان متوسط گیری در تمامی موارد (min)

3-1 امواج رادیویی در مواد دی الکتریک دارای تلفات

وقتی موج الکترو مغناطیسی در ماده ای منتشر می شود که ضریب هدایت الکتریکی آن (σ) صفر نیست - مانند کلیه بافت های انسانی - در اثر جریان ایجاد شده بر اثر قانون اهم تلفاتی ایجاد می گردد.

کلیه تلفات ها از جمله تلفات هدایتی (یونی) و تلفات دی الکتریک توسط هدایت مؤثر (σ_{eff}) تعریف می شوند. به دلیل اینکه کلیه بافت های انسانی مواد غیر مغناطیسی هستند هیچ تلفاتی به خاطر

گذردهی مغناطیسی μ رخ نمی دهد.

SAR مقیاسی برای اندازه گیری میزان انرژی موج رادیویی جذب شده در بافت های انسانی با ماهیت

دی الکتریک است که نسبت مستقیمی با هدایت مؤثر بافت و میدان الکتریکی داخل بافت دارد. SAR به

وضوح توسط مکانیزم تلفات - تلفات ناشی از هدایت الکتریکی و دی الکتریک - تولید می شود که در بالا

توضیح داده شده است.

4-1- خواص دی الکتریک بافت های بدن انسان

برای پیش بینی و مدل کردن رفتار انتشار موج رادیویی داخل ماده دی الکتریک دانش دقیقی از مقادیر

پارامترهای دی الکتریکی ماده باید موجود باشد. در مورد انسان بافت های بدن را می توان به طور کلی به

دو دسته تقسیم کرد: بافت هایی که حجم بالایی از آب دارند مانند عضله ها و پوست که بخش حقیقی

گذردهی الکتریکی (ϵ'_r) در آنها بالاست و در نتیجه تلفات ناشی از هدایت الکتریکی مؤثر (σ_{eff}) نیز در

آنها بالاست؛ موادی که آب کمی دارند و در نتیجه دارای ϵ'_r کوچکی هستند و تلفات σ_{eff} در آنها کم

است و سایر تأثیرات روی میدان های در حال انتشار نیز جزئی است. استخوان و چربی مثالی از این نوع

بافت ها هستند.

وابستگی فرکانسی پارامترهای دی الکتریکی بافت های انسانی در مرجع [28] مورد مطالعه قرار گرفته

است. مدلی برای تعیین پارامترهای بافت ها در رنج فرکانسی 10Hz تا 100GHz در این مقاله ارائه شده

است. در جدول 2-1 مقادیر ϵ'_r و σ_{eff} برای بافت هایی که به تحقیقاتی که به بررسی تعامل بین آنتن

های موبایل و کاربرد در محدوده فرکانسی 6000MHz تا 6 GHz پرداخته اند مربوط می شود ارائه شده

است. مقادیر جدول 2-1 بر اساس مدل پارامتریک شرح داده شده در مرجع می باشند و بعداً برای شبیه

سازی ها در این مقاله مورد استفاده قرار خواهند گرفت. مقادیر مربوط به چگالی بافت ها نیز در جدول

2-1 آورده شده است.

برق

برق

برق

فصل پنجم

نتیجه گیری

مطالعات این پایان نامه با هدف درک بهتر چگونگی رفتار آنتن ترمینال موبایل در مجاورت یک کاربر انجام گرفته است؛ به ویژه پیش بینی رفتار پهنای باند، راندمان، SAR و سایر پارامترهای آنتن در کنار کاربر بر پایه عملکرد آنتن در فضای آزاد به عنوان یکی از انگیزه ها مدنظر بوده است.

در ابتدا چگونگی انتشار امواج رادیویی در مواد دی الکتریک مورد مطالعه قرار گرفت. فهمیدیم که تلفات درون ماده دی الکتریک را می توان به دو بخش تقسیم کرد: تلفات یونی که توسط جریان تولید شده درون ماده و از طریق قانون اهم اتفاق می افتد و تلفات دی الکتریک که از عکس العمل مولکول های قطبی به میدان الکتریکی در حال نوسان ناشی می شود. به ویژه در مورد بافت های بدن انسان گفته شد که هر دو نوع تلفات یونی و دی الکتریک را پارامتری به نام هدایت الکتریکی مؤثر در بر می گیرد که در واقع بخشی از قسمت حقیقی گذردهی الکتریکی بافت است. جدولی که حاوی پارامترهای دی الکتریک بافت های انسانی در یک طیف گسترده فرکانسی بود ارائه شد. سپس مروری بر مطالعات راجع به اساس مکانیزم های جذب انرژی در بافت انسان ارائه گردید. نتیجه گیری شد که نتایج حاصل از آن مطالعات تا اندازه ای بحث برانگیز بوده و نیاز به مطالعات بشر در این زمینه احساس می شود.

مطالعات شبیه سازی راجع به برهم کنش میان یک آنتن ترمینال موبایل و کاربر با تحلیل میدان های نزدیک یک آنتن المان کوپلینگ درون و مجاور ماده دی الکتریک آغاز شد. در مرحله اول کاربر با یک مدل بلوک ساده محتوی ماده ای با پارامترهای دی الکتریک متفاوت شبیه سازی شده بود. نتیجه گیری شد که مؤلفه های میدان الکتریکی که عمود به سطح ماده دی الکتریک هستند نمی توانند به راحتی به درون ماده ای با گذردهی بالا نفوذ کنند و بنابراین میدان الکتریکی قوی درون ماده تولید نمی شود. نشان داده شد که میرایی مؤلفه های میدان موازی با سطح ماده دی الکتریک در مرز ماده به میزان قابل توجهی کمتر بوده که این امر نیز باعث میدان الکتریکی قوی درون ماده دی الکتریک می شود. در درون ماده با گذردهی بالا نواحی با میدان الکتریکی قوی از الگوی توزیع جریان روی سطح شاسی آنتن پیروی می کنند. به علاوه نتیجه گیری شد که در ماده با گذردهی کم میدان الکتریکی درون ماده دی الکتریکی در مجاورت محل هایی قوی تر است که بر آیند میدان الکتریکی (RMS) در فضای آزاد قوی بود. یکی از پیامدهای منطقی این مشاهدات این است که با افزایش گذردهی ماده دی الکتریک میدان الکتریکی درون ماده دی الکتریک بیش از پیش مجبور به موازی شدن با سطح ماده می شود. تمام این نتایج کاملاً با شرایط مرزی به دست آمده از معادلات ماکسول سازگار بودند. تأثیر هدایت الکتریکی ماده دی الکتریک بر توزیع میدان های نزدیک نیز مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که افزایش هدایت الکتریکی ماده تنها منجر به تصنیف میدان درون ماده دی الکتریک شده و جهت میدان ها تحت تأثیر قرار نمی گیرد.

در ادامه عملکرد آنتن المان کوپلینگ در مجاورت کاربر از لحاظ فرکانس تشدید، پهنای باند، راندمان تابش و SAR مورد مطالعه قرار گرفت. این شبیه سازی ها در محدوده ی فرکانس 0/6GHZ تا 6GHZ انجام شد. در مرحله اول کاربر با یک بلوک ساده شبیه سازی شد. نتایج مربوط به دو نوع بافت، عضله (حالت گذردهی زیاد) و چربی (حالت گذردهی کم) ارائه شد. نتایج شبیه سازی ها نشان داد که فرکانس تشدید ترکیب آنتن شاسی با قرار گرفتن بلوک دی الکتریک در مجاورت آنتن می تواند افزایش یابد. این پدیده با کاهش طول الکتریکی شاسی به دلیل ماده دی الکتریک مجاور توضیح داده شد. مشاهدات مربوط به پهنای باند، SAR و راندمان تابش از بسیاری لحاظ با مطالعات قبلی سازگار بود. در رزونانس های مرتبه پایین شاسی، هم در مورد پهنای باند و وهم SAR، ماکزیمم های محلی به دست می آمد اما در همان حال مینیمم راندمان تابش اتفاق می افتاد. در فرکانس های بالاتر به دلیل افزایش تابش المان کوپلینگ دیگر حالات موج شاسی تأثیرگذار اصلی نبود. اگرچه مشخص شد که به ویژه در مورد ماده ای با گذردهی زیاد با اینکه با نزدیک شدن ماده به آنتن فرکانس تشدید تغییر می کرد اما نه مقادیر بالای SAR و نه ماکزیمم پهنای باند به همان ترتیب جایجا نمی شوند. نشان داده شد که در مورد ماده با گذردهی زیاد محل هایی با مقادیر بالای SAR دقیقاً از توزیع جریان روی شاسی پیروی می کنند. اگرچه این روند در مورد گذردهی کم مشهود نبود. نتایج حاصل از شبیه سازی هایی که هنگام قرار گرفتن مدل سر در کنار آنتن به دست آمده بود، شبیه به نتایج حاصل از مدل بلوک با گذردهی زیاد بود. از آنجایی که پارامترهای دی الکتریک بافت مغز تا حدودی شبیه به بافت عضله است، این مسئله کاملاً قابل پیش بینی بود. اگرچه تفاوت های جزئی حاصل از شکل غیر مسطح مدل سر مشاهده می شد.

در آخرین بخش این پایان نامه روشی جهت کاهش SAR و افزایش راندمان تابش برای باند مشکل زای GSM900 مورد مطالعه قرار گرفت. این روش شامل یک ورقه پارازیتی متصل به شاسی آنتن المان کوپلینگ بود. با استفاده از مدل بلوک ساده و یک مدل سر، مقادیر SAR، راندمان تابش، پهنای باند بالقوه و توزیع های میدان نزدیک تجزیه و تحلیل شدند. در مورد مدل بلوک، با استفاده از ورقه فلزی به طول 50 میلی متر همزمان یک کاهش 4 درصدی در مقدار SAR و یک افزایش 11 درصد واحدی در راندمان تابش به دست آمد. در مدل سر بهترین عملکرد (46 درصد کاهش SAR و 16 درصد واحد افزایش راندمان تابش) با ورقه ای به طول 45mm به دست آمد. نتیجه گیری شد که این عملکرد خوب به این دلیل است که هنگام اضافه شدن ورقه پارازیتی به آنتن، مؤلفه های میدان الکتریکی که با سطح ماده دی الکتریک موازی هستند به میزان قابل توجهی کاهش می یابند. نشان داده شد که اشکال اصلی این روش پیشنهادی این است که به دلیل ورقه پارازیتی، پهنای باند قابل حصول آنتن تا اندازه ای کاهش می یابد.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

هدف اولیه این پایان نامه بررسی امکان پیش بینی چگونگی تغییر عملکرد آنتن ترمینال موبایل در مجاورت کاربرد و از طرف دیگر پیش بینی رفتار پهنای باند، راندمان تابش و SAR بر اساس عملکرد آنتن در فضای آزاد بود. با اینکه به نظر می آید پیش بینی بر اساس عملکرد در فضای آزاد کار مشکلی است اما نتایج این پایان نامه نشان می دهد که با استفاده از مدل های شبیه سازی ساده به سادگی می توان روندهای عملکردی آنتن را مشاهده کرد. بسیاری از روندهای مشاهده شده منجر به نتایجی شد که می توان از آنها در طراحی آنتن های ترمینال موبایل جهت عملکرد بهینه آنتن در تمامی شرایط کاری ممکن استفاده کرد.

پایان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

منابع و مراجع

[1] A. Räisänen and A. Lehto, *Radiotekniikan perusteet (Foundations of Radio Engineering, in Finnish)*, 11th edition. Helsinki: Otatieto, 2003, 292 p.

[2] O. Kivekäs, *Design of High-Efficiency Antennas for Mobile Communication Devices*, Thesis for the degree of Doctor of Science in Technology, Helsinki University of Technology. Espoo: Otamedia, 2005, 50 p.

[3] I. Lindell and K. Nikoskinen, *Antenniteoria (Antenna Theory, in Finnish)*, 3rd edition. Helsinki: Otatieto, 1995, 345 p.

[4] Web page of Ficora, *Radiotaajuuksien käyttöön liittyvät Viestintäviraston määräykset*, available online
<URL:http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/5lf6Jmnnl/Files/CurrentFile/TJT_suomi12122006.pdf>, [Cited May 28, 2007]

[5] H.F. Pues and A.R. van de Capelle, "An impedance-matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.37, no. 11, November 1989, pp 1345-1354.

[6] J. Villanen, *Compact Antenna Structure for Mobile Handset*, Master's thesis, Helsinki University of Technology. Espoo: 2003, 83 p.

[7] K. Siwiak, *Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications*, second edition. Norwood: Artech House, 1998, 418 p.

[8] A. Lehto and A. Räisänen, *RF- ja mikroaaltotekniikka (RF and Microwave Engineering, in Finnish)*, 7th edition. Helsinki: Otatieto, 2002, 267 p.

[9] IEEE, *IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas*, IEEE STD-145, 1993, 30 p.

[10] J. Holopainen, *Antenna for Handheld DVB Terminal*, Master's thesis, Helsinki University of Technology. Espoo: 2005, 91 p.

[11] K. Jokela, D. Leszczynski, W. Paile, S. Salomaa, L. Puranen and P. Hyysalo, *Radiation safety of mobile phones and base stations*, Radiation and Nuclear Safety Authority, Report A161, Helsinki, 1999, 76 p.

[12] ANSI / IEEE Std C95.1, 1999 Edition, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, April 1999, 73 p.

[13] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", *Health Physics*, vol. 74, no. 4, April 1998, pp. 494-522.

[14] O. Kivekäs, J. Ollikainen, T. Lehtiniemi and P. Vainikainen, "Bandwidth, SAR, and efficiency of internal mobile phone antennas", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 46, no. 1, February 2004, pp. 71-86.

- [15] P. Vainikainen, J. Ollikainen, O. Kivekäs and I. Kelander, "Resonator-based analysis of the combination of mobile handset antenna and chassis", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 50, no. 10, October 2002, pp. 1433-1444.
- [16] J. Villanen, J. Poutanen, C. Icheln and P. Vainikainen, "A wideband study of the bandwidth, SAR and radiation efficiency of mobile terminal antenna structures", *Proceedings of International Workshop on Antenna Technology 2007 (IWAT07)*, Cambridge, UK, 2007, pp.49-52.
- [17] A. Petosa, A. Ittipiboon, Y.M.M Antar, D. Roscoe and M. Cuhaci, "Recent advances in dielectric-resonator antenna technology", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 40, no. 3, June 1998, pp 35-48.
- [18] O. Kivekäs, J. Ollikainen and P. Vainikainen, "Wideband dielectric resonator antenna for mobile phones", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 36, no. 1, January 2003, pp. 25-26.
- [19] P. Rezaei, M. Hakkak, K. Forooghi, "Dielectric resonator antenna for wireless LAN applications", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2006*, July 2006, pp. 1005-1008.
- [20] K. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003, 301 p.
- [21] O. Lehmus, *Miniaturization Methods of Handset Antennas*. Master's thesis, Helsinki University of Technology. Espoo: 1999, 98 p.
- [22] J. Ollikainen, O. Kivekäs, A. Toropainen and P. Vainikainen, "Internal dual-band patch antenna for mobile phones", *Proceedings of the AP2000 Millennium Conference on Antennas and Propagation*, Davos, Switzerland, April 2000, CD-ROM SP-444, paper p1112.pdf.
- [23] K. Wong, Y. Chen, S. Su and Y. Kuo, "Diversity dual-band planar inverted-F antenna for WLAN operation", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 38, no. 3, August 2003, pp. 223-225.
- [24] C-L Ta, "2.4/5.2 GHz Dual-Band Chip Antenna for WLAN Applications", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, July 2005, pp 455-458.
- [25] D. Manteuffel, A. Bahr and P. Waldow, "Numerical analysis of absorption mechanisms for mobile phones with integrated multiband antennas", *Proceedings of Antennas and Propagation Symposium*, Boston, 2001, pp. 82-85.
- [26] J. Villanen, J. Ollikainen, O. Kivekäs and P. Vainikainen, "Coupling element based mobile terminal antenna structures", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 54, no. 7, July 2006, pp 2142-2153.
- [27] A. Sihvola and I. Lindell, *Sähkömagneettinen kenttäteoria. 2: Dynaamiset kentät (Electromagnetic Field Theory. 2: Dynamic Fields, in Finnish)*, 4th edition. Helsinki:Hakapaino, 2004, 200 p.

[28] S. Gabriel, R. W. Lau and C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues", *Physics in Medicine and Biology* vol. 41, 1996, pp. 2271-2293.

[29] O. Kivekäs, T. Lehtiniemi and P. Vainikainen, "On the general energy-absorption mechanism in the human tissue", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 43, no. 3, November 2004, pp. 195-201.

[30] R. F. Harrington, *Time-Harmonic Electromagnetic Fields*. New York: McGraw-Hill, 1961, 480 p.

[31] N. Kuster and Q. Balzano, "Energy absorption mechanism by biological bodies in the near field of dipole antennas above 300 MHz", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.41, no. 1, February 1992, pp. 17-23.

[32] H. R. Chuang, "Numerical computation of fat layer effects on microwave near-field radiation to the abdomen of a full-scale human body model", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 45, no.1, January 1997, pp. 118-125.

[33] Web page of SEMCAD, Schmid & Partner Engineering AG, <URL: <http://www.semcad.com>>, [Cited May 28, 2007]

[34] M. Sager, M. Forcucci and T. Kristensen, "A novel technique to increase the realized efficiency of a mobile phone antenna placed beside a head-phantom", *IEEE Antennas and Propagation Symposium*, vol. 2, June 2003, pp 1013- 1016.