

BACHELORARBEIT

HOCHSCHULE LUZERN

TECHNIK & ARCHITEKTUR

Integrierte Loop Antenne für mobiles Gerät

Untertitel

Autor:
Marcel ERISMANN

Experte:
Hanspeter OPPLIGER

Industriepartner:
Erich LERCH

Horw
16. September 2015
zur Einsicht

Inhaltsverzeichnis

1 Abstract	3
2 Zusammenfassung	3
3 Einleitung	3
3.1 Aufbau der Arbeit	3
4 Ausgangslage	4
4.1 Fragestellung	4
4.2 Technische Spezifikationen und Anforderungsliste	4
4.3 Ziele der Arbeit	5
4.3.1 Meilensteine	5
5 Antennentheorie	5
5.1 elementarer Antennen Dipole	6
5.1.1 Hertzscher Dipol	6
5.1.2 Fitzgeraldscher Dipol	6
5.2 Nahfeld und Fernfeld	6
5.3 Antennenbauformen	6
5.4 symmetrisch gespiesene Antennen	6
5.4.1 $\lambda/2$ Dipol Antenne	7
5.4.2 Loop Antenne	8
5.5 Abstrahlcharakteristik	8
5.5.1 Monopol über leitendem Ground	8
6 Antennendesign	9
6.1 Model des Endproduktes xx	9
6.2 Abmessungen des Antennensystems	9
6.2.1 Störfaktoren im Nahfeld	9
6.3 Entwurf des Antennensystems	9
7 Impedanzanpassung des Transceivers an das Antennensystem	9
7.1 Warum ist eine Impedanzanpassung nötig	9
7.2 Anpassverfahren	9
7.3 Anpassung der komplexen Ausgangsimpedanz des Transceivers an das Antennensystem	9
8 Simulation	9
8.1 Simulationstool	9
8.1.1 Simulationverfahren	9
8.2 Was wird bei der Simulation berücksichtigt	9
8.3 Simulationsresultate	9
9 Messungen	9
9.1 Messsystem	9
9.1.1 Messverfahren	9
9.1.2 Was wird gemessen	9
9.2 Erwartungen an die Messresultate	9
9.3 Messresultate	9
10 Diskussion des Funktionsmusters	9
11 Reflexion	9
11.1 Projektbezogene Reflexion	9
11.2 Persönliche Reflexion	9

12 Kick off	10
13 Grobplanung	11
14 Stichwortverzeichnis	12
Literatur	13

1 Abstract

Das Selbe wie in der Zusammenfassung einfach in englischer Sprache.

2 Zusammenfassung

Was wurde gemacht
Weshalb wurde die Arbeit gemacht
Wie wurde vorgegangen
Was wurde erreicht
Was ist daraus zu schliessen
wie geht es weiter

3 Einleitung

- Weshalb die Arbeit
- Vorstellung des Industriepartners Flytec
- Was wird in dieser Arbeit dokumentiert
 - Theorie der Antennen
 - Entwurf einer kompakten Loop Antenne
 - Simulation der Loop Antenne
 - Fertigung eines Funktionsmusters
 - Messung der Antennenparameter
 - Vergleich zwischen Theorie und Praxis der Antennenparameter
 - Bewertung des Funktionsmusters

3.1 Aufbau der Arbeit

Übersicht des BDA Projekt welche Phasen es gibt.

In welchem Kapitel was zu finden ist.

- Thematischer Überblick verschaffen
- Grobplanung
- Kickoff mit Industriepartner Flytec
- Ziel definieren, Meilensteine definieren, Arbeitspakete bilden
- Allgemeine Antennentheorie
- Entwurf der Antenne
- Simulation der Antenne
- Funktionsmuster herstellen
- Abstrahlcharakteristik messen
- iterativ wiederholen bis Designvorgaben erreicht werden
- Dokumentieren der Designrelevanter Theorie

- Dokumentieren des Simulationsverfahrens
- Dokumentieren des Messverfahrens
- Vergleich zwischen Simulation und Messungen dokumentieren
- Dokumentieren des Projektverlauf

4 Ausgangslage

Die Firma Flytec vernetzt Sensoren und Fluginstrumente drahtlos mit einem „near pilot network“. Für ein Fluginstrument in der Formgröße eines Handgerätes soll eine integrierte Loop Antenne für das ISM Band 2.4 - 2.5 GHz entworfen werden.

4.1 Fragestellung

Durch das Einarbeiten in die Eigenschaften elektrisch kleiner Antennen soll das Wissen für das Design eines Funktionsmuster im 2.4-2.5GHz ISM Band arbeitenden Antennensystems erlangt werden. Das Design soll mit dem Empire XCcel Softwaretool simuliert. Iterativ soll eine symmetrisch gespiesene Loop Antenne gefunden werden. Die Antenne soll an den komplexen Ausgangswiderstand des Transceiverbausteins angepasst werden. Das simulierte Antennensystem soll gefertigt und ausgemessen werden. Die vorliegenden Antennenparameter sollen mit den simulierten Werten verglichen und bewertet werden.

4.2 Technische Spezifikationen und Anforderungsliste

- Produkt Flytec
- Abstraktionsgrad des Simulationskörpers
- Materialien des Gehäuse
- Volumen des Antennensystems
- Wirkungsradius
- Richtcharakteristik
- Polarisation
- Antennen Wirkungsgrad
- Antennen Gewinn
- minimaler Empfangspegel bei den Sensoren
- Transceivers Baustein
- Sendeleistung
- maximaler S11 des Antennensystem
- Preis und Aufwand
- ...
- ...

Quelle der
Aufgaben-
stellung
einfügen

Anforderung
mit Fest-,
Mindest-
& Wunsch-
anforderun-
gen

Nr.	Anforderung	Beschreibung	Wert	nicht erfüllt
001	f	ISM Band	2.4-2.5 GHz	
002	f	Handgerät lxbxh	lxbxh	
003	f	Antennensystem	Loop Antenne	
004	f	Antennen Speisung	symmetrisch	
•				
•				
•				
•				
•				
•				
•				
•				
•				

4.3 Ziele der Arbeit

Es soll ein Funktionsmuster für eine integrierte Loop Antenne für das ISM 2.4-2.5GHz Band hergestellt werden.

Auf der Basis der Theorie der elektrisch kleinen Antennen wird ein Entwurf für ein Antennensystem im 2.4 - 2.5 GHz Band designed. Der Entwurf wird simuliert und dokumentiert.

Ein Anpassnetzwerk muss für die komplexe Ausgangsimpedanz des Transsivers dimensioniert, simuliert, hergestellt und ausgemessen werden.

Der simulierte Entwurf des gesamten Antennensystems wird produziert und dient als Funktionsmuster.

Die Antenneparameter des Funktionsters müssen gemessen und dokumentiert werden.

Abweichungen zwischen der Simulation und den Messresultaten sollen dokumentiert und bewertet werden.

formuliere
SMART
Ziele

4.3.1 Meilensteine

Es werden die folgenden vier Meilensteine definiert. Die Meilensteine beinhalten eine Sammlung von Aufgaben und haben einen Fertigstellungstermin, sie markieren das Ende einer Projektphase. Sie werden für das Projektcontrolling verwendet. Beim Erreichen eines Meilensteins werden die Arbeiten bewertet und es werden Beschlüsse über den weiteren Projektverlauf gefällt.

- MS 1 Theorie und Recherchenphase abgeschlossen und zu 89% dokumentiert, ein Anforderungsdokument wurde erstellt
- Zwischenpräsentation, vorstellen der ersten vier Antennenkonzepte
- iterativ wurde ein Antennensystem gefunden, welches den Anforderungen entspricht
- Engineeringmodell ist gefertigt und dokumentiert

fünf Meilensteine definieren

Es werden die folgenden vier Meilensteine definiert. Die Meilensteine beinhalten eine Sammlung von Aufgaben und haben einen Fertigstellungstermin. Sie werden für das Projektcontrolling verwendet. Beim Erreichen eines Meilensteins werden die Arbeiten bewertet und es werden Beschlüsse über den weiteren Projektverlauf gefällt.

5 Antennentheorie

Eine hypothetische verlustlose Antenne, die gleichmäßig in alle Raumrichtungen abstrahlt beziehungsweise aus allen Richtungen empfängt, wird isotroper Strahler oder Kugelstrahler genannt. Als Sendeantenne erzeugt sie eine Kugelwelle mit sphärischen Phasenfronten. Im Abstand r gilt winkelunabhängig folgende Leistungsdichte:

$$S = \frac{P_S}{4\pi r^2}$$

wobei P_S die gesamt abgestrahlte Wirkleistung bezeichnet.

5.1 elementarer Antennen Dipole

5.1.1 Hertzscher Dipol

Ein elektrisch kurzer Linearstrahler der Länge $l \ll \frac{\lambda_0}{4}$ kann als konzentriertes Bauelement betrachtet werden. Auf seiner gesamten Länge kann die komplexe Amplitude \underline{I} eine räumlich konstante Stromverteilung, die zeitlich sinusförmig schwingt, annehmen.

5.1.2 Fitzgeraldscher Dipol

5.2 Nahfeld und Fernfeld

Im Fernfeld steht das E und H Feld senkrecht im 90° Winkel aufeinander. Die Wellenfront der beiden Felder bewegt sich in Ausbreitungsrichtung wie eine senkrechte Ebene.

Die minimale Distanz ab der die Annahme des Fernfeld getroffen werden kann lautet wie folgt:

$$d_0 = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Mit:

d_0 : Minimale Distanz für die Annahme des Fernfeld Kriterium

D: Grösstes Antennenmass in Meter

λ : Wellenlänge

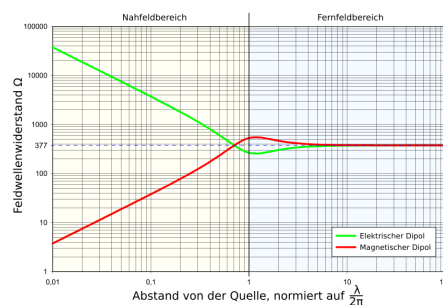


Abbildung 1: Nah-Fernfeld

quelle vor
bild einfü
gen

5.3 Antennenbauformen

5.4 symmetrisch gespeisene Antennen

Es gibt zwei Grundantennenformen, den Hertschen Dipol und den Fitzgeraldscher Dipol. Beide sind symmetrisch gespeisene Antennen. Im Nahfeld des Hertschen Dipols überwiegt das E Feld also der kapazitive Anteil, während im Nahfeld des Fitzgeraldschen Dipols das H Feld also der induktive Anteil überwiegt. Im Fernfeld sind bei beiden Antennen das H und E Feld gleich stark und nehmen mit zunehmendem Abstand $1/r_{ab}$.

Die Ausrichtung des E und H Feld sind bei den beiden Antennen verschieden.

Das E Feld eines Hertschen Dipols ist im Fernfeld gleich polarisiert wie der Dipol.

Genau umgekehrt ist das Feld des Fitzgeraldschen Dipols. Das H Feld ist in der selben Ebene wie der Dipol.

- Bauform
- el. mag Feld Ausrichtung
- Impedanz der $\lambda/2$ Antenne
- Beschreibung des Feld
- el. mag Feld Ausrichtung
- Impedanz der $\lambda/2$ Antenne
- Richtcharakteristik

5.4.1 $\lambda/2$ Dipol Antenne

Die $\lambda/2$ Dipol Antenne ist eine der am Meisten eingesetzten Antennen. In diesem Abschnitt wird die Dipolantenne mit einer sehr dünnen Radius deren Länge einer halben Wellenlänge entspricht betrachtet.

Eine Dipol Antenne mit der Länge L entlang der Z-Achse orientiert ist und $z = 0$ ist, fließt der Strom in der z-Richtung mit einer Amplitude, die der folgende Funktion entspricht:
$$I(z) = \begin{cases} I_0 \sin[k(\frac{L}{2} - z)], & 0 \leq z \leq \frac{L}{2} \\ I_0 \sin[k(\frac{L}{2} + z)], & -\frac{L}{2} \leq z \leq 0 \end{cases}$$

Bei einem Dipol mit der Länge $L = \frac{\lambda}{2}$ sich einen Strombauch über dem Einspeise Punkt ausbildet und der Strom zu den Enden gegen null geht.

Ein Dipol mit der Länge $L = \lambda$ bilden sich zwei Strombäuche über die ganze Länge des Dipols aus. Beim Einspeise Punkt und den beiden Enden geht der Strom gegen null.

Wichtig bei der Stromverteilung ist, dass der Strom in der Zeit sinusförmig mit der Frequenz f oszilliert.

Die Eingangsimpedanz eines Dipols ist Abhängigkeit von seiner Länge. Man beachte, dass die Eingangsimpedanz wird als $Z = R + jX$, wobei R der Widerstand und die Reaktanz X angegeben. Die Reaktanz X ist steht für die im Nahfeld gespeicherte Feldenergie.

Man beachte, dass für sehr kleine Dipolantennen, ist die Eingangsimpedanz kapazitiv ist, das heisst, die Impedanz durch eine negative Reaktanz-Wert (und eine relativ kleine reale Impedanz oder Widerstand) dominiert. Wir der Dipol länger, so erhöht sich der Eingangswiderstand, zusammen mit der Reaktanz. Bei etwas weniger als $L = \frac{\lambda}{2}$ hat die Antenne Nulldurchgang des Imaginärteils.

Wenn die Länge des Dipol-Antenne ist nahe der Wellenlänge ist, wird die Eingangsimpedanz unendlich. Als einfachere Erklärung, kann der Stromverteilung einer $L = \lambda$ langen Antenne betrachtet werden. ES ist ersichtlich, dass bei der Einspeisestelle der Strom gegen Null geht. Unter Berücksichtigung, dass der Strom nach dem Ohmschen Gesetz $I = \frac{U}{R}$ ist, so ist naheliegen, dass der Widerstand gegen unendlich gehen muss.

Im nächsten Abschnitt werden wir das Strahlungsmuster Dipol-Antennen zu berücksichtigen.

Strahlungsdiagramme für die Dipol-Antennen

Die weit Felder aus einer Dipolantenne der Länge L sind gegeben durch:

$$E_\theta = \frac{j\eta I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \frac{\cos(\frac{kL}{2} \cos(\theta)) - \cos(\frac{kL}{2})}{\sin(\theta)}$$

$$H_\phi = \frac{E_\theta}{\eta}$$

Die normierten Strahlungsmuster für Dipolantennen verschiedener Längen sind in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3. normalisierte Strahlungsmuster für die Dipol-Antennen der angegebenen Länge.

Die Full-Wellenlängen-Dipol-Antenne ist richtungs als die kürzere Viertelwellenlängen-Dipol-Antenne. Dies ist ein typisches Ergebnis der Antennentheorie: es dauert eine größere Antenne allgemein Richt erhöhen. , Die Ergebnisse sind jedoch nicht immer offensichtlich. Das 1,5-Wellenlängen-Dipol-Muster ist ebenfalls in Figur 3. Anmerkung aufgetragen dass dieses Muster ein Maximum bei etwa +45 und -45 Grad.

Die Dipolantenne ist symmetrisch, wenn azimutal angesehen (um die lange Achse des Dipols); als Ergebnis das Strahlungsmuster nicht eine Funktion des Azimutwinkels. Damit ist die Dipolantenne ein Beispiel einer Rundstrahlantenne. Ferner hat das E-Feld nur eine Vektorkomponente und damit die Felder linear polarisiert. Wenn sie in der XY-Ebene betrachtet wird (für einen Dipol entlang der z-Achse orientiert ist), wird die E-Feld in der -y-Richtung, und folglich wird die Dipolantenne ist vertikal polarisiert.

Das 3D-Motiv für das 1-Wellenlängen-Dipol-Antenne ist in 4 gezeigt Dieses Muster ist ähnlich dem Muster für die Viertel- und Halbwellen-Dipolantenne.

Abbildung 4. Normalized 3d Strahlungsmuster für die 1-Wellenlängen-Dipol-Antenne.

Die 3D-Strahlungsmuster für die 1.5-Wellenlängen-Dipol-Antenne unterscheidet sich signifikant und wird in 5 gezeigt.

Abbildung 5. Normalized 3d Strahlungsmuster für die 1,5-Wellenlängen-Dipol-Antenne. Das (peak) Richtcharakteristik der Dipolantenne variiert, wie in Figur 6 gezeigt.

Abbildung 6. Dipole Antenna Richtwirkung als eine Funktion der Dipollänge.

Abbildung 6 zeigt, dass bis zu etwa $L = 1,25$ Die Richt steigt mit der Länge. , Für größere Längen die Richtwirkung hat jedoch einen Aufwärtstrend ist aber nicht mehr monoton.

Im nächsten Abschnitt werden wir am häufigsten Dipol-Antenne, die Halbwellen-Dipol-Antenne suchen.

- Fusspunkt Impedanz
- Feldausbreitung im Nahfeld
- Feldausbreitung im Fernfeld
- Im Nahfeld relevant
- Richtcharakteristik

5.4.2 Loop Antenne

Die Loop Antenne ist eine symmetrisch gespiesene Antenne. eine Loop Antenne ist einem Fitzgeralschen Dipol nach empfunden. Die Loop Antenne wird durch eine dünne Leiterschleife mit einem Radius $r = \frac{bla}{2\pi}$ dargestellt. Im Nahfeld der Loop Antenne dominiert der xx Anteil. Das E Felde ist in der Ebene der Leiterschleife. Das H Feld erscheint 90°Winkel zum E Feld.

5.5 Abstrahlcharakteristik

5.5.1 Monopol über leitendem Ground

In der Praxis werden Monopolantennen über Masseflächen mit endlicher Leitfähigkeit und endlicher Grösse verwendet. Dies beeinflusst die Eigenschaften der Monopolantennen, insbesondere das Strahlungsmuster. Die Impedanz der Monopolantenne wird minimal über einem endlichen grossen Masseebene verändert. Voraussetzung hierfür ist, dass die Masseebene im Durchmesser über einige Wellenlängen der Abstrahlfrequenz besitzt. Jedoch ist die Strahlungscharakteristik der Monopolantenne stark durch eine endliche Grösse Masseebene beeinflusst. Das resultierende Strahlungsdiagramm strahlt in einer βchrägen"Richtung, weg von der horizontalen Ebene. Ein Beispiel für das Strahlungsmuster für eine $\frac{\lambda}{4}$ Monopolantenne mit einem Durchmesser der Massenfläche von 3 Wellenlängen. Die $\frac{\lambda}{4}$ Monopolantenn ist in der positiven z Richtung ausgerichtet.

Das resultierende Strahlungsmuster für diese Monopolantenne ist omnidirektionalen. Jedoch hat die Richtung der maximalen Strahlung von der xy-Ebene in einem Winkel von dieser Ebene angehoben verändert. Im Allgemeinen gilt je grösser Grundplatte ist, desto niedriger ist diese Richtung der maximalen Strahlung. Das bedeutet wenn die Grundebene sich gegen unendlich nähert, so liegt die maximale Strahlung in der xy-Ebene.

Der Antennengewinn ist um 3 dB besser als eine Dipol Antenne. Da die Monopolantenne ihr Feld nur über dem perfekt leitendem Untergrund aufbaut. (?, ?) (?, ?)

6 Antennendesign

6.1 Model des Endproduktes xx

6.2 Abmessungen des Antennensystems

6.2.1 Störfaktoren im Nahfeld

6.3 Entwurf des Antennensystems

7 Impedanzanpassung des Transceivers an das Antennensystem

7.1 Warum ist eine Impedanzanpassung nötig

7.2 Anpassverfahren

7.3 Anpassung der komplexen Ausgangsimpedanz des Transceivers an das Antennensystem

8 Simulation

8.1 Simulationstool

8.1.1 Simulationverfahren

8.2 Was wird bei der Simulation berücksichtigt

8.3 Simulationsresultate

9 Messungen

9.1 Messsystem

9.1.1 Messverfahren

9.1.2 Was wird gemessen

9.2 Erwartungen an die Messresultate

9.3 Messresultate

10 Diskussion des Funktionsmusters

11 Reflexion

11.1 Projektbezogene Reflexion

11.2 Persönliche Reflexion

Todo list

Quelle der Aufgabenstellung einfügen	4
Anforderungskatalogs mit Fest-, Mindest- & Wunschforderungen	4
formuliere SMART Ziele	5
fünf Meilensteine definieren	5
quelle vom bild einfügen	6
mit Tikz ein Ablaufdiagramm zeichnen	11
ein automatisiets Stichwortverzeichnis anlegen	12

12 Kick off

Fargen

- Produkt Flytec Gerät
- Abstraktionsgrad des Simulation
- Loop Antenne
- Materialien des Gehäuse
- Volumen des Antennensystems
- Wirkungsradius
- Richtcharakteristik
- Antennengewinn
- Wirkungsgrad
- minimaler Empfangspegel
- Transceivers Baustein
- Sendeleistung
- Ausgangsimpedanz des Transceivers
- S11 in dB des Antennensystem
- Preis und Aufwand

13 Grobplanung

Arbeitspaket Zeit	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7	SW8	SW9	SW10	SW11	SW12	SW13	SW14	SW15
Grobplanung	•														
Literaturrecherche	•	•	•	•											
Zielbeschrieb & Meilensteine		•													
Projektplanung			•												
Antennen & Feldausbreitung	•	•													
Antennenbauformen		•													
Abstrahlcharakteristik			•												
Störgrößen bei Loop Antennen				•											
Entwurf			•	•											
Linkbudget			•												
Design und Simulation						•	•	•			•				
Funktionsmuster						•	•	•	•		•				
Messung								•	•	•		•			
Messung vs Simulation									•	•		•			
Bewertung										•		•			
Reflexion														•	
Anhänge													•		
Zusammenfassung														•	
Abstract														•	
Dokumentations			•	•			•	•			•	•	•	•	
Präsentation															•

Bach
mit Tikz
ein Ablauf-
diagramm
zeichnen

14 Stichwortverzeichnis

alle relevanten Betriffe sollen am Ende vor dem Anhang aufgelistetet werden.

ein auto-
matisiets
Stichwort-
verzeichnis
anlegen

Literatur