

Capítulo 8

Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

De la tesis desarrollada se concluye que:

- Los satélites pequeños representan un gran campo de trabajo debido a su rapidez de implementación y al amplio campo de desarrollo tecnológico para diversas aplicaciones.
- La mayoría de los satélites pequeños han operado en frecuencias de radioaficionados (VHF y UHF); sin embargo la demanda de nuevas aplicaciones que requieran grandes cantidades de volúmenes de información obliga a aumentar el rango de frecuencias. La capacidad de transportar mayores cantidades de información, hará que los satélites pequeños tengan un mayor auge en el ámbito comercial y con ello logrará mayores oportunidades de desarrollo.
- Hoy en día, la banda S es la opción más pretendida por los desarrolladores de tecnología de satélites pequeños, aunque este proceso sigue en fase de experimentación para la mayoría de las instituciones. Por calidad y facilidad, se utilizan equipos de comunicaciones comerciales; ya que el desarrollo de un sistema propio implica la realización de múltiples pruebas, entre las que destacan las espaciales, que pueden llevar consigo diferentes dificultades de implementación, resultando en algunas ocasiones, más caro el desarrollo que el adquirir un equipo comercial.

- Debido a que el satélite solo esta visible para la estación terrena en un lapso corto de tiempo (alrededor de 12 minutos), se vuelve indispensable tener una alta tasa de transferencia de datos para lograr la descarga de grandes volúmenes de datos. El aumento en la tasa de transmisión de datos hace imprescindible el tener un control adecuado sobre los errores (BER), para ello es necesario el correcto apuntamiento de las antenas en el sistema de comunicaciones y por tanto del satélite mismo; de acuerdo a la distancia del enlace, la potencia de transmisión, la frecuencia, la tasa de transferencia, entre otros parámetros, se determina un cierto margen de error para el apuntamiento de las antenas.
- En cuanto al análisis de las simulaciones, se desprenden las siguientes conclusiones:
 - El cálculo del enlace satelital es muy complejo puesto que depende de diversos factores, de los cuales la mayoría tiene un comportamiento que no es prescindible al 100 %. En el modelo realizado en esta tesis, el enlace está en función de tres parámetros principales: frecuencia de operación, tasa de transmisión y ángulo de elevación de la antena en la estación terrena. La frecuencia se fija a banda S pero, de igual manera que la tasa de transmisión, su aumento implica mayores pérdidas. El ángulo de elevación es una medida de las pérdidas introducidas en la antena de la estación terrena debido al sitio de ubicación.
 - Los parámetros para el enlace son los ofrecidos por los equipos comerciales en banda S y los parámetros típicos utilizados por las compañías. La modificación de cualquiera de ellos implica un nuevo cálculo de enlace, y por ende un nuevo resultado. Los parámetros por defecto que utiliza el software Radio Mobile se pueden modificar para ajustarse de mejor manera a la situación de ubicación y se verá afectada la potencia de recepción.
 - Se observó que por cada 100 [Km] de aumento en la distancia del enlace, las pérdidas aumentaban alrededor de 1 [dB] en LOS. Así mismo, en las gráficas se observa que la pendiente aumenta y por tal motivo el margen de error se hace más estrecho. Por otro lado, se observó que el aumento en la tasa de transmisión provoca un considerable aumento en el BER y por ende una considerable disminución en el margen de error.

- Las gráficas muestran que el peor de los casos es para un ángulo de elevación de 5° y una distancia de 800 [Km], donde se tiene la mayor cantidad de pérdidas; para una tasa de transmisión típica en banda S (2 [Mbps]) se tiene un margen de error menor a 1° , por lo que para tener un sistema de comunicaciones directivo en banda S es necesario estabilizar el satélite dentro de ese margen.
 - Se observó que los resultados de las simulaciones se alteran cuando ahora la antena del satélite no se mantiene fija, es decir, también se mueve y contribuye a las pérdidas por desapuntamiento. Por cada grado que se mueve la antena del satélite, a los resultados de las simulaciones se les agrega alrededor de 1 [dB] de pérdidas; lo que contribuye a la necesidad de tener una mayor precisión de apuntamiento de las antenas.
 - Para aumentar el margen de error de apuntamiento se puede aumentar el ángulo de elevación, disminuir el BER aceptable, aumentar la potencia de transmisión, disminuir la distancia del enlace, aumentar la ganancia de las antenas, disminuir el ruido en la estación terrena. Es importante mencionar que el BER aceptable establece el margen de error de apuntamiento y puede aumentar o disminuir de acuerdo a la aplicación del satélite.
- Con base en los sistemas comerciales, y a los resultados obtenidos en las simulaciones se observa un adecuado margen de error de apuntamiento. Si dicho margen es sobrepasado, entonces la calidad del enlace comienza a disminuir. Una solución es aumentar la potencia de transmisión, sin embargo en el ámbito espacial la potencia es un factor que se ve reflejado económicamente. Otra solución es tener equipos muy precisos, lo cual también se ve reflejado económicamente.
 - Los resultados obtenidos en esta tesis sirven, en primera aproximación, para definir el subsistema de estabilización del satélite, ya que con ellos se podrá determinar el margen de maniobra que deberán tener los dispositivos de estabilización para sostener un enlace satelital correcto.

8.2. Recomendaciones

De acuerdo al trabajo presentado se puede recomendar:

- Mantener un monitoreo constante con las diferentes compañías que desarrollan equipos de comunicaciones en banda S para satélites pequeños, para poder actualizar los parámetros y las mejoras que se obtengan, ya que hoy en día prácticamente existen dos competidores en cuanto al desarrollo de estos sistemas para satélites pequeños, ISIS y el SSTL.
- Para enlaces punto a punto en LOS, el modelo utilizado (Longley-Rice) por el software (Radio Mobile) es un poco viejo aunque se sigue utilizando. Existe un modelo más reciente publicado por la UIT a través de su recomendación 1546, sin embargo no ha habido aún algún software libre que implemente este modelo.
- El modelo del enlace satelital puede ser más detallado y complejo. Para este trabajo, el modelo del enlace se basó en modelos semiempíricos que pueden ser sustituidos por modelos científicos más exactos, lo cual involucraría un mayor tiempo de desarrollo.
- Los resultados obtenidos son una primera aproximación de lo que sucede realmente, para obtener datos más exactos es necesario validar los resultados. Para dicha validación, es necesario el tener un sistema de comunicaciones y realizar pruebas con el, por lo que debido a cuestiones financieras, los resultados solo se quedan en simulaciones.
- Para la adquisición de datos, en cuanto a escala de ángulo, menores a un grado es necesario utilizar un software que permita escalas mínimas de fracciones de grado o en su defecto realizar cálculos manualmente. Para este trabajo, solo se realizan aproximaciones mediante las gráficas de las simulaciones.