



Objetivos

El objetivo de este proyecto es implementar un sistema de comunicaciones digital inalámbrico en banda base utilizando los parlantes y micrófonos del computador. La prueba final del proyecto consiste en transmitir una imagen en escala de grises entre dos computadores a la mayor tasa de datos posible. De manera incremental se deben utilizar los conceptos de comunicaciones y redes de computadores para lograr el objetivo de manera óptima.

NOTA: Los resultados exactos del proyecto no están completamente definidos y la evaluación se basa en los logros incrementales de los equipos.

Instrucciones

El trabajo será desarrollado en equipos de 5 personas, siendo obligatorio que todos participen de manera activa en el desarrollo. La participación personal se evaluará según los *commits* en el sistema de versionamiento.

Los alumnos deben tener una cuenta en [Github](#) para utilizar los repositorios correspondientes a cada equipo. El desarrollo se hará en base al sistema de versionamiento [Git](#) para evaluar avances globales, contribuciones personales y documentación. Se documentará en los mismos repositorios utilizando formato [Markdown](#).

El lenguaje de programación utilizado será [Python 3](#) con las librerías [Numpy](#) y [Scipy](#) como base. Adicionalmente puede utilizar otras librerías que sea de su utilidad. Además, se debe utilizar estilo de código [PEP 8](#) (código y documentación) y [versionamiento semántico](#) según [PEP 440](#).

El desarrollo del proyecto contempla el trabajo en clases de laboratorio y trabajo personal. El equipo docente está disponible para avanzar de manera personalizada con cada grupo. Se evaluarán entregas parciales durante el semestre. Cualquier copia detectada entre los trabajos será calificada con nota mínima y será causal de reprobación del curso.

Introducción

Un sistema de comunicaciones digital está formado por varias etapas, tal como se muestra en la Figura 1, que permiten al emisor convertir una fuente de información a datos digitales que son transmitidos por un medio para luego ser recibidos e interpretados por el receptor. El módulo de **formato** permite adecuar la **fuentes** que puede ser analógica, texto o digital a un stream de datos binarios que pueden ser tratados por un computador. Por **codificación de fuente** entendemos el proceso de optimizar la representación de los datos de la fuente a digital en un alfabeto binario, cómo puede ser la compresión de datos, con o sin pérdidas. La transmisión de esta secuencia de información puede ser optimizada si se aplica **codificación de canal**, es decir, información redundante que permita detectar y corregir los errores introducidos por la transmisión. Finalmente los datos binarios deberán ser



transmitidos por medios físicos por lo cual se deben transformar los bits en formas de ondas adecuadas. En este caso se utilizarán **modulaciones** digitales en banda base, para representar mediante variaciones de amplitud, frecuencia o fase, cada uno de los símbolos de información a transmitir. La transmisión de las ondas (en este caso audio) por el medio físico (aire) ocasionará una distorsión en la señal recibida, cuyo efecto debe ser modelado como un **canal** de comunicaciones.

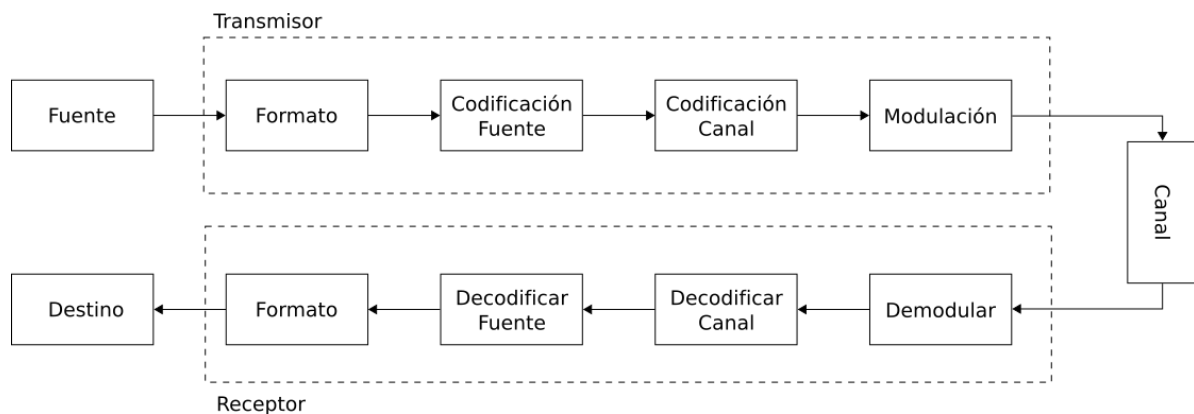


Figura 1. Esquema de un sistema de comunicaciones

A más alto nivel se pueden observar los modelos de redes basados en OSI como pueden ser el stack de protocolos TCP/IP o similares. Estos modelos permiten identificar los protocolos necesarios para establecer una comunicación en una red, de manera que los datos sean recibidos de manera confiable en las aplicaciones de más alto nivel.

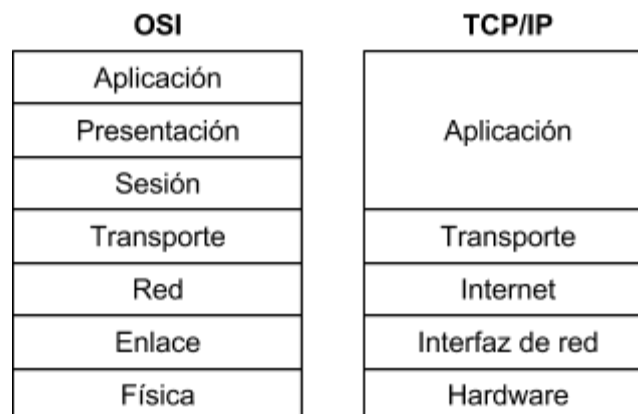


Figura 2. Modelos de redes OSI y TCP/IP

El proyecto será dividido en una serie de etapas que contienen un objetivo general a lograr en una serie de objetivos específicos. El cumplimiento de cada uno de ellos determinará el grado de completitud del proyecto, pues cada etapa supone mejoras incrementales en el sistema. Debe ser lo suficientemente ordenado para que los resultados de cada etapa puedan ser integrados en el sistema.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
REDES DE COMPUTADORES
PROYECTO DE REDES DE COMPUTADORES



Etapas 1: Análisis de señales (2 semanas)

El objetivo de esta etapa es ser capaz de analizar y procesar señales en el tiempo y la frecuencia. Para esto debe lograr:

1. Leer y grabar archivos de audio digitales desde el computador.
2. Analizar señales de audio en frecuencia usando transformada de Fourier (discreta), así como la transformada de Fourier instantánea (espectrograma con FFT)
3. Diseñar e implementar filtros digitales para eliminar ruido (FIR o IIR)

Para esta etapa se proveerán algunos archivos de audio que representan comunicaciones digitales reales o simulaciones. Estas señales se deben analizar y procesar para eliminar el ruido. Entre los resultados esperados se encuentran:

1. Módulos para leer y grabar archivos.
2. Módulos para graficar transformadas de fourier y espectrogramas.
3. Módulos para aplicar filtros digitales a señales de audio.
4. Documentación de experimentos realizados y sus resultados.

Etapas 2: Codificación y modulación digital (2 semanas)

El objetivo de esta etapa es tomar una imagen y convertirla en una señal de audio aplicando un esquema de modulación digital. Entre los pasos necesarios se encuentra:

1. Codificar la imagen en un formato digital adecuado. Aplicar compresión si es necesario.
2. Definir un esquema de modulación digital y transformar los datos digitales en una señal de audio.
3. Definir un esquema de codificación de canal que permita determinar si los datos han sido recibidos de manera correcta.
4. Iterar sobre diferentes esquemas de modulación y codificación para comprar su efectividad.

En esta etapa se debe utilizar una imagen cualquiera en formato JPG y PNG en escala de grises. Para las pruebas finales se usará un set de imágenes nuevo pero igual para todos los equipos. Entre los resultados esperados se encuentran:

1. Módulos para leer imágenes en formato JPG y/o PNG en escala de grises y codificar en formato digital.
2. Módulos para detectar errores como sumas de verificación.
3. Módulos para corregir errores como códigos lineales o de bloque.
4. Módulos que permitan modular datos digitales en uno o más esquemas de modulación, con opciones de configuración para tasa de datos, frecuencias, etc.
5. Reportes de pruebas y resultados obtenidos.

Etapas 3: Recepción y demodulación (3 semanas)

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
REDES DE COMPUTADORES
PROYECTO DE REDES DE COMPUTADORES



El objetivo de esta etapa es demodular una señal de audio para convertirla en una imagen digital. La recepción y demodulación debe ser en tiempo real usando la entrada de audio o micrófono del computador. Este objetivo se divide al menos en los siguientes pasos:

1. Implementar uno o más esquemas para demodulación, usando como base archivos de audio generados localmente (resultados de la etapa anterior).
2. Decodificar la información, detectar (y contabilizar) errores y/o corregir errores en la detección.
3. Codificación de fuente y visualización de la imagen recibida.
4. Recepción, demodulación y decodificación en tiempo real a partir de la entrada de audio o micrófono.
5. Sincronización de las señales recibidas para su correcta demodulación en tiempo real.

En esta etapa conviene abordar dos problemas en paralelo: la correcta demodulación de las señales generadas en la etapa anterior y la recepción de señales de audio a través del micrófono en tiempo real. Los módulos de procesamiento de señales de la primera etapa serán necesarios. La demodulación depende estrechamente del esquema de modulación por lo que puede ser bueno partir de casos simples a casos más sofisticados que permitirán alcanzar mejores tasas de datos. Por ejemplo 16-QAM o QPSK debería generar mejores tasas de datos que FSK. Por otro lado, el procesamiento en tiempo real presenta una marcada dificultad en sincronizar el reloj del receptor según las tasas de datos y fase de la señal recibida. Entre los resultados esperados se encuentran:

1. Módulos para demodulación
2. Módulos de recepción
3. Funciones para obtener métricas de tasas de errores
4. Pruebas y resultados para diferentes modulaciones, niveles de ruido codificaciones.
5. **Primera versión del sistema completo funcionando**

Etapa 4: Protocolos de enlace y acceso al medio (2 semanas)

En esta etapa se deben implementar protocolos que permitan establecer un enlace de comunicar punto a punto entre dos host por direccionamiento así como aplicar estrategias de control de acceso al medio. Se asume que se trabaja en una red de varios host que pueden transmitir información en cualquier momento.

Etapa 5: Protocolos de red y prototipado final (2 semanas)

Implementación de protocolos de nivel superior que permitan crear una aplicación a nivel prototipo de todo el sistema funcionando. Se establecerán los parámetros finales y se ejecutarán experimentos similares a las pruebas finales.

Documentación

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
REDES DE COMPUTADORES
PROYECTO DE REDES DE COMPUTADORES



Presentación final

Notas

1. Se evaluará el orden del código, la documentación y buenas prácticas al programar.
2. Dudas y consultas por correo electrónico:
 - a. Ayudante de laboratorio: ignacio.ibanez@usach.cl
 - b. Ayudante Cátedra: pablo.reyesd@usach.cl
 - c. Profesor: carlos.gonzalez.c@usach.cl
3. Sea conciso y ordenado para entregar la información.
4. Gestione bien su tiempo