

Sistema georeferenciador con parcelamiento virtual y adquisidor de sonidos masticatorios de rumiantes en pastoreo extensivo

Aranda, Gonzalo D., De La Cruz Arbizu, Federico
Laboratorio de Comunicaciones
Universidad nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina
Email: fede.dlca@hotmail.com, gonzalo.d.ar@hotmail.com

González, Esteban L., Tulli, Juan C., Uriz, Alejandro,
Agüero, Pablo D.
Laboratorio de Comunicaciones
Universidad nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina
Email: (elgonzal, jctulli, ajuriz, pdaguero)@fi.mdp.edu.ar

Abstract - Este trabajo describe el hardware electrónico de un dispositivo desarrollado originalmente para el registro de sonidos masticatorios del ganado en pastoreo extendido y que durante su desarrollo fue modificado para permitir registrar también la posición del animal y/o guiarlo a determinadas áreas de pastoreo. Diversos estudios con animales estabulados han demostrado que existe una correlación entre los sonidos producidos durante el arranque, la masticación y la rumia, y la ingesta del animal. Se estima en consecuencia que a partir de estos sonidos se pueden determinar aspectos tales como el engorde o el rendimiento que se obtendrá del ganado. Para facilitar la etapa de análisis de sonidos posterior, se decidió georeferenciar al animal (asumiendo que se conocería la ubicación de las distintas pasturas). Surgió entonces que para fines de estudio sería útil poder forzar al animal a alimentarse de un determinado tipo de pastura. Una opción al parcelamiento con alambre o al uso de “boyeros” es el uso de parcelas virtuales. Esto se logra modificando el software de la etapa de georeferenciación de manera de que pueda calcular si el animal esta dentro, o acercándose al borde, de un perímetro virtual. Y en este último caso, generar algún tipo de estímulo que lo persuada de permanecer adentro. Adicionalmente, en algunas regiones, las áreas en donde el ganado, principalmente ovino, puede pastar libremente se están desertificando, esto implica que el manejo de estas tierras deba ser llevado a cabo con sumo cuidado. En consecuencia, este dispositivo permitirá, por una parte, obtener información en condiciones normales de pastoreo, dando una herramienta muy útil al ingeniero agrónomo, investigador o productor para determinar la cantidad de alimento ingerido o los requerimientos de forraje necesarios para suministrarle al ganado una correcta alimentación, Por otra parte este dispositivo, sin su etapa de registro de sonido, podrá confinar al animal en áreas específicas sin necesidad de cercas físicas.

Keywords-component; Georeferenciación. Microcontroladores, Ganado, Adquisición de sonido

I. INTRODUCCIÓN

En este reporte se describe la implementación de un Sistema de georeferenciación con parcelamiento virtual y adquisición de sonidos masticatorios en rumiantes en pastoreo extensivo, basado en microcontroladores PICs. Estos sonidos y las posiciones registradas, permitirán en un posterior análisis, determinar la ingesta y el tipo de pastura que consume el animal. Estos datos son sumamente importantes para la estimación del engorde por parte del ingeniero agrónomo o productor.

El dispositivo desarrollado cuenta con dos canales de audio para la adquisición de sonido, que serán almacenados en una tarjeta de memoria SD, y un sistema de georeferenciación mediante un módulo comercial GPS. Con este módulo se registra la ubicación del animal, se implementa el sistema de parcelamiento virtual y se obtiene una referencia horaria precisa para etiquetar los audios y las posiciones. Además se añadió al desarrollo una interfaz de programación para que el usuario establezca sobre el dispositivo los parámetros básicos para el estudio buscado.

La posibilidad de utilizar dos canales de audio para la adquisición del sonido permitirá, en estudios posteriores, una reducción de ruido ambiental por medio de correlación cruzada entre canales, técnica muy utilizada en este tipo de situaciones [1]. El sistema propuesto permite a su vez, el constante registro de la posición del animal, muy importante para determinar el tipo de pastura, como también una constante verificación para establecer si el animal se encuentra dentro de la zona predefinida - parcela virtual -. En caso de estar acercándose a los límites de ésta, una serie de estímulos (primero auditivos y luego eléctricos) lo guiarán nuevamente al área permitida [2]. Los módulos receptores de señal GPS usados en este dispositivo poseen una precisión cercana a los 2 metros.

Por último, respecto al almacenamiento, se resalta la generación de archivos de audio tipo WAVE [3], es decir, sin compresión temporal ni frecuencial, y archivos de posicionamiento tipo KML que permitirán la visualización de

la ruta del animal con etiquetas horarias usando el software Google Earth [4] en su versión gratuita.

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Desde hace tiempo se han comenzado a aplicar distintos tipos de recursos tecnológicos al estudio de los comportamientos rutinarios de rumiantes, en busca de la optimización en el uso de recursos y alimentos disponibles. Algunas de estas tecnologías incluyen el uso de cámaras de video y micrófonos, con los cuales se puede realizar un registro de los ruidos producidos por el animal cuando se alimenta. Numerosas publicaciones dan cuenta de la vinculación que existe entre los sonidos producidos por el arranque, la masticación y rumia, con la ingesta del animal [5] [6] [7]. A su vez, estos estudios se realizaban principalmente sobre animales estabulados (en establos). La necesidad de usar animales estabulados se manifiesta, en principio, para lograr una correcta correlación entre el sonido y la ingesta, ya que esta última se conoce suministrándole al animal cantidades muy precisas de alimento. Pero superada esta etapa, en donde se desarrollaron fundamentos e instrumentos para deducir la ingesta del animal a partir del sonido, se hace deseable automatizar el proceso de registro, es decir, reemplazar los registros en establos por un dispositivo portátil, que brinde una optimización del proceso, pudiendo adquirir los datos en forma automática en un plazo que abarque desde algunos minutos hasta días completos en condiciones normales de pastoreo [8] [9].

En cuanto al área de pastoreo, existe un consenso generalizado entre los expertos y en los diversos organismos técnicos provinciales, nacionales e internacionales, acerca de que el fenómeno conocido como "desertificación" se debe, al menos en la Patagonia Argentina, al sobreuso de los suelos que, asociado con factores climáticos, llevó a un agotamiento del recurso natural, base de la explotación extensiva del ganado ovino por más de cien años [10].

En vista que la necesidad de una referencia horaria precisa y el conocimiento del tipo de pastura que el animal ingiere hace necesario la utilización de un sistema de georeferenciación, surge casi espontáneamente la posibilidad que el dispositivo también pueda guiar el ganado hacia determinadas áreas de pastoreo. Prototipos de estos sistemas ya han sido probados con éxito [11] [12]. El sistema de registro de sonidos puede, en consecuencia, ser potenciado considerablemente con la utilización de un sistema de posicionamiento global (GPS) para proveer información precisa a través de datos geográficos, sobre el tipo de pastura de la cual se alimenta el animal (teniendo en cuenta que la posición de esta pastura es conocida) y los horarios, dado que se dispone en el GPS de un patrón de tiempo preciso.

III. EL DISPOSITIVO

El sistema desarrollado consta de dos partes,

- Un dispositivo adquisidor de sonidos (que será portado por el animal) con georeferenciación y capacidad para producir estímulos de guía de ganado,

que a su vez está formado por dos subsistemas (subsistema I y subsistema II)

- Y un dispositivo de acceso (a ser conectado al adquisidor) o HMI (Human Machine Interface) que permitirá al usuario del sistema programar un número de parámetros en el dispositivo adquisidor

El subsistema I está construido alrededor de un PIC 18F26K20 [13], mientras que el subsistema II utilizará un PIC 18F25K20 [13].

A. Subsistema I

Esta etapa está encargada de la adquisición de audio y la georeferenciación, además de todo lo que se refiera a la generación de los archivos asociados. Lo que también implica el completo control y responsabilidad de la tarjeta de memoria SD. Esto último es realizado mediante el módulo SPI del microcontrolador y algunos terminales auxiliares que son conectados al zócalo de la tarjeta de memoria.

1) *Adquisición de audio:* En lo que a audio respecta, se disponen de dos canales, que por medio del filtro antialiasing, están conectados a las dos primeras entradas analógicas del PIC 18F26K20; la configuración programada por medio del HMI definirá si se usarán ambos o solamente alguno de ellos. Los archivos se guardan en formato WAVE.

a) *Módulo ADC:* Interfaz fundamental a la hora de trabajar con variables analógicas. El módulo ADC del PIC 18F26K20 consta con la posibilidad de trabajar con 13 canales de forma independiente entre sí. El funcionamiento de dicho módulo se basa en una retención de orden cero y un conversor por aproximaciones sucesivas. En el caso de este trabajo se usaron 256 niveles (8 bit's) que fueron considerados aceptable. Sin embargo, en caso de necesidad, el software del dispositivo es fácilmente configurable para permitir una grabación a 10 bits. El rango de 256 niveles pueden ser fácilmente programable entre las tensiones del microcontrolador como GND (0x00) y Vcc (0xFF).

b) *Frecuencia de muestreo:* El Teorema de Nyquist [14] asegura que, si una señal de banda limitada es muestreada a una frecuencia de por lo menos el doble de su máxima componente en frecuencia, entonces es posible recuperarla unívocamente. En consecuencia, sabiendo que el sonido captado no posee una respuesta espectral de banda limitada, surge la necesidad de la utilización de un filtro antialiasing o antisolapamiento de modo tal de evitar la distorsión espectral consecuencia del submuestreo.

Numerosas publicaciones [5] [6] [7] indican que el contenido espectral útil para este tipo de estudios se encuentra por debajo de los 4KHz, por lo que fue elegida una frecuencia de muestreo de 10KHZ.

La solución implementada en el software para lograr un registro de tiempo preciso en el que no se produjeran corrimientos que afecten la relación temporal entre muestras, se llevó a cabo por medio de la interrupción por desbordamiento TIMER0, en la cual se definen tanto el reloj de incremento y el tamaño de pila. De esta manera se ha

logrado una adquisición pareja y sin "jitter", lo cual resultaría muy molesto a la hora del análisis.

c) *Formato WAVE [3]:* En este proyecto se tuvo en cuenta que la finalidad de los audios adquiridos es analizarlos espectralmente con programas específicos. Es por esto que se decidió la utilización de archivos WAVE (.wav), en los cuales las componentes espectrales no se ven afectadas (no hay compresión), y se mantiene una copia fiel de la realidad dentro del espectro de frecuencia que el muestreo permite.

El formato es muy simple y se conoce como el formato canónico de un archivo WAVE. Su composición está basada en un encabezado, una zona de formato (fmt), donde se caracteriza al archivo, y la sección de datos en donde se encuentran las muestras adquiridas a la velocidad predefinida. En este dispositivo, el usuario tendrá la posibilidad de elegir tanto la frecuencia de muestreo como el número de canales de adquisición.

d) *Identificaciones archivos .wav:* La propuesta es generar la cantidad de archivos por día según el usuario lo requiera con la siguiente nomenclatura: ddmmaa##.wav. Lo cual simplifica la idea de día, mes, año y número del archivo generado en el día.

2) *Georeferenciación:* La georeferenciación hace referencia a la verificación constante de la ubicación del animal en estudio o análisis, de manera de poder verificar su posición respecto de la parcela y para que el sistema pueda elaborar un registro preciso de la ingesta del animal en pastoreo extendido. La manera de llevar esto a cabo es por medio de una comunicación fluida entre ambos subsistemas (I y II). El subsistema I genera los archivos de audio georeferenciados (por medio de archivos KML compatibles con el software Google Earth), y el subsistema II tiene la comunicación directa con el módulo GPS y es el encargado de la adaptación de la información de este módulo a coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) [15]. El módulo GPS utilizado para la recepción fue el LS20033 de LOCOSYS [17] y usa el protocolo NMEA [16] para su comunicación. Éste permite una actualización de información de hasta 5Hz y una precisión de hasta 2 metros.

a) *Archivo .kml [4]:* Al igual que los archivos WAVE, el sistema almacenará archivos de formato KML en los cuales se presentará, con las etiquetas horarias correspondientes, el recorrido del animal en el transcurso de la adquisición del sonido. Este tipo de archivos está diseñado para poder abrirlo y analizarlo en el software libre Google Earth.

3) *Almacenamiento:* Para el almacenamiento de la información se optó por utilizar tarjetas de memoria SD. Éstas son dispositivos de almacenamiento Flash muy versátiles debido a su gran capacidad y reducido tamaño y precio. Desde el punto de vista técnico, la comunicación y proceso de grabación será establecido por el

microcontrolador PIC a través del SPI (Serial Peripheral Interface) cuya interfaz se implementa mediante el módulo MSSP (Synchronous Serial Port) interno del PIC. Si bien esto suena relativamente sencillo, el sistema operativo que posteriormente va a encargarse de leer la tarjeta exige estándares a la hora de administrar los datos que deberán ser respetados a la hora de leer el dispositivo.

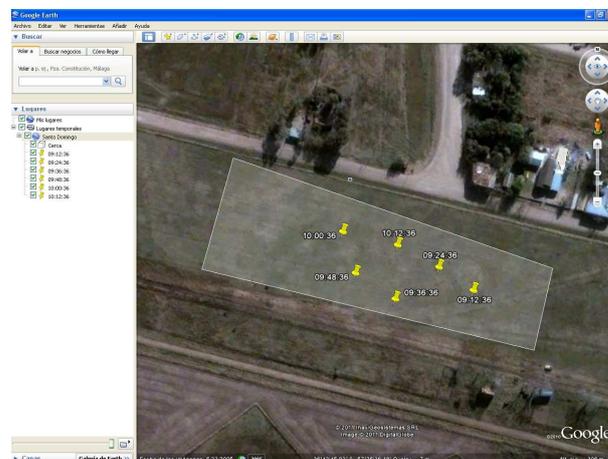


Figura 1. Captura de pantalla de una simulación de una adquisición de sonido y posición

B. Subsistema II

Esta etapa, construida alrededor de otro PIC, está encargada de la importación de datos desde el HMI, provisión de los mismos al subsistema I y el parcelamiento. Esto último implica también la conectividad con el módulo GPS, la manipulación de los datos del mismo y el protocolo de comunicación PIC a PIC.

a) *Conversión de coordenadas:* Toda coordenada que ingrese al dispositivo, ya sea a través del HMI o del GPS en sí, será sometido a una conversión de sistema para su mejor manipulación. La representación y control del espacio geográfico, resulta más simple si los datos procesados por el sistema de posicionamiento son representativos de un espacio rectangular, es decir, coordenadas cartesianas. Como la tierra es un geoide, la forma de expresar las posiciones terrestres por el GPS es del tipo geodésica, es decir, están representadas por variables como la latitud, la longitud, y la altura geodésica. Pero representar diferentes áreas de la superficie en un sistema polar trae complicaciones, debido a que dichos valores entregados por el GPS no solo dependen del lugar en la tierra donde se encuentre, sino que no se puede hallar una relación lineal entre dos puntos diferentes. Se podría decir entonces que las coordenadas rectangulares se han creado para facilitar la ubicación en el terreno, ya que el sistema de coordenadas geodésicas angulares tradicionales (grados, minutos y segundos) no es intuitivo y no permite realizar de una forma fácil las estimas de las distancias que separan unos puntos de los otros. Por ende, se elige convertir

el espacio geodésico en un sistema de coordenadas rectangulares definido como UTM.

Para traducir coordenadas geodésicas en UTM y viceversa existen diversos procedimientos. El método utilizando para este trabajo está basado en las denominadas fórmulas de Coticchia-Surace [18], por su facilidad para ser programado en el PIC. La precisión que se puede obtener ronda el centímetro cuando se utilizan suficientes decimales. En consecuencia, es imperativo que a la hora de programar se utilicen variables de punto flotante y doble precisión.



Figura 2: Prototipo del adquisidor a ser montado en el animal

b) *Parcelamiento*: Este equipo puede crear, manipular y controlar una cerca virtual, limitando dinámica e implícitamente el terreno. Es una forma adecuada de reducir el trabajo de tendido de un alambrado real y permitir un uso eficiente de los terrenos. Para lograr el parcelamiento debe interpretarse al espacio geográfico como un sistema en donde pueda efectuarse algún tipo de comparación que sea independiente de los parámetros geográficos ingresados. Básicamente el sistema usa cuatro coordenadas cartesianas, ya que las coordenadas geodésicas fueron transformadas a coordenadas UTM. Por lo tanto, de forma intuitiva, surge que la manera de lograr esto es uniendo dichos puntos por medio de líneas rectas, es decir, calculando cuatro pendientes que corresponden a cuatro rectas diferentes.

Las cuatro ecuaciones, representan una sección infinitesimal del espacio, formando así la parcela. Obviamente, dichas rectas poseen una pendiente determinada, dependiente de los puntos a unir.

Por otro lado se tiene un par de coordenadas obtenidas del GPS, las cuales se debe verificar que estén dentro de esa área delimitada por las cuatro rectas.

En la Figura 3, el placemark representa el valor entregado por el GPS, es decir, representa un par de puntos (E,S) en el espacio.

Datos con lo que se dispone

GPS

X = E: coordenada este;

Y = S: coordenada sur;

Pendientes

$m1 = (s1 - s2) / (e1 - e2)$ pendiente 1

$m2 = (s2 - s3) / (e2 - e3)$ pendiente 2

$m3 = (s3 - s4) / (e3 - e4)$ pendiente 3

$m4 = (s4 - s1) / (e4 - e1)$ pendiente 4

Ecuaciones:

$Y1 = m1 * (E - e2) + s2$

$Y2 = m2 * (E - e3) + s3$

$Y3 = m3 * (E - e4) + s4$

$Y4 = m4 * (E - e1) + s1$

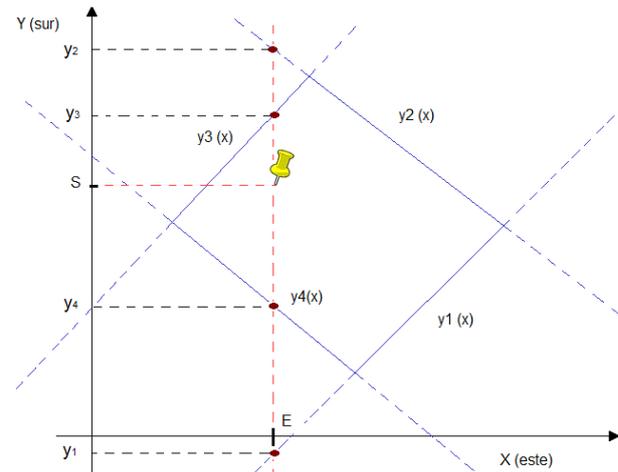


Figura 3: Placemark en proceso de parcelamiento

La variable independiente 'E' es evaluada en cada una de las rectas, obteniendo así sus correspondientes valores de ordenada, en el gráfico expresadas como $y1, y2, y3$ y $y4$. Una vez que el programa calcula dicho valores, recurre a obtener las desigualdades, es decir, a comparar el valor de ordenada del GPS, S, con los valores de ordenadas arrojados por la correspondiente evaluación de E en las rectas. La desigualdad o condición de seguridad, es decir, aquella en la que el animal se encuentra dentro de la cerca, es la siguiente:

$$S > Y1 \ \& \ S < Y2 \ \& \ S < Y3 \ \& \ S > Y4$$

Una vez que el programa comprueba que dicha situación es correcta, el mismo retorna al inicio del lazo y comienza nuevamente el testeo. En caso que la condición de comparación no se cumpla, el subsistema activa la estimulación pautada, de manera de lograr que el animal retorne a la zona segura. Al mismo tiempo, se pueden establecer parcelas internas de seguridad que "flexibilizaran" el momento y tipo de estímulo sobre el animal en relación a qué tan cerca del límite del área virtual se encuentre. Pero ello quedará a elección del usuario.

IV. INTERFAZ HMI

El diseño de esta interfaz surge de lo conversado directamente con los posibles usuarios o destinatarios de este proyecto, o sea los ingenieros agrónomos o productores. Ellos necesitaban “una interfaz robusta y de simple manejo para configurar al sistema principal con las características deseadas”.

Tanto software como hardware fue acondicionado para tal fin, componiéndose el HMI de una sección principal constituida por un microcontrolador PIC18F2620, un sistema de representación gráfica montado por medio de un display LCD (CCM-2040CSL de CASIL), un teclado básico con diseño intuitivo para la navegación del dispositivo, una compuerta de alimentación externa a través de un conector USB y la comunicación RS232 con el registrador.

Los parámetros a ser configurados por el usuario son:

- **Memoria utilizada:** debido a que el sistema puede trabajar con memorias de 1GB, 2GB y 4GB
- **Número de canales:** Uno o dos canales, dependiendo de las condiciones de ruido ambiental
- **Duración de los tiempos de registro de audio:** en múltiplos de media hora, el usuario podrá definir la duración estimada del audio generado por el sistema.
- **Tiempo entre archivos de audio:** se podrán definir de a múltiplos de 5 minutos
- **Número de archivos de audio:** de a múltiplos de a 5 se podrá definir la cantidad de archivos que se deseen generar. (limitado por el tamaño de la memoria)
- **Número de posiciones:** aquí, se define el número de posiciones o placemark's que se desean observar en el archivo tipo KML generado por cada archivo de audio, aumentando de a 4 el número buscado.
- **Definición de la cerca virtual:** por último, podrán ser elegidos libremente por el usuario los 4 vértices del área de parcelamiento.

El HMI brinda también la posibilidad de usar la memoria EEPROM del PIC18F2620 para guardar datos del usuario aún después de apagar el equipo. La necesidad surgió de las pruebas de un primer prototipo en donde se notaron las molestias que generarían a los usuarios tener que ingresar siempre los mismos datos al HMI, pudiendo incurrir en posibles errores o el olvido de ingreso de ciertos parámetros. Es por esto que se introduce la característica de que los datos ingresados no se eliminarán una vez desconectado el equipo, sino que serán almacenados en memoria para poder utilizarlos las veces que sean necesarias.

V. CONCLUSIÓN

A lo largo de este informe se presenta un sistema que, habiendo nacido como un simple adquisidor de sonidos, evolucionó para convertirse también en un dispositivo de control de ganado.

El dispositivo logrado no solo cumple con los requerimientos iniciales sino que agregó nuevas posibilidades y además presenta un diseño fácilmente modificable de acuerdo a los

requisitos de futuras investigaciones, tales como aumentar la cantidad de canales o la cantidad de bits por muestra.

Con la configuración aquí mostrada (frecuencia de muestreo y bits por muestra) este dispositivo puede registrar en forma continua casi 48 horas de sonidos en dos canales sobre una memoria de 4 GB, tiempo que se puede ampliar considerablemente introduciendo espacios entre secciones de adquisición. Pasado este lapso se deberán descargar los datos a una PC o Notebook. En función de que esto implica un acceso al sistema en forma periódica, no se consideró la necesidad de analizar el consumo de la batería ya que esta sería fácilmente reemplazable.

En este informe se describe un prototipo, el dispositivo final no sería muy diferente en tamaño en virtud que el hardware es el mismo. Variaría desde ya, la caja de contención que tendría que ser resistente a golpes e intemperie y su ubicación en el cuello del animal deberá ser realizada mediante un collar cuyo diseño no fue considerado en este diseño.

Sin la etapa de adquisición de sonido, el sistema, mas económico, puede ser usado en mayor número solo para control de ganado, modalidad que se está afianzando en países con áreas de pastoreo sensibles a desertificación como Australia o Argentina o con geografías poco aptas para el tendido de alambres (Suiza).

El haber desarrollado prácticamente la totalidad del software del dispositivo desde cero, o sea sin incluir a librerías estándares, permitió a los proyectistas adquirir un conocimiento profundo de cada aspecto del diseño, ya sea desde la programación de los PICs y el manejo de la memorias, GPSs y la comunicación entre ellos hasta la matemática utilizada en la determinación de la posición en coordenadas UTM.

Este proyecto puede entonces, no solo ser considerado como un producto terminado, sino como el chasis para futuras mejoras o desarrollos. El desarrollo de la tecnología Wi Fi, la inserción en la red GSM y el consecuente abaratamiento de sus componentes hacen que una futura versión de este sistema prevea la comunicación inalámbrica entre el adquisidor a ser montado en el animal y la computadora del investigador o productor. Una opción con ZigBee [19] que se esta desarrollando si deberá tener en cuenta aspectos tales como consumo de potencia y autonomía ya que serán sistemas que operaran sin supervisión por largos periodos de tiempo.

VI. REFERENCIAS

- [1] Implementation of a noise reduction algorithm in a hearing aid device based on dsPIC. A. Uriz, P. Agüero, J. Catíñeira, J.C. Tulli, E. González. IEEE ARGENCON 2012. Cordoba, Argentina. Junio de 2012
- [2] Virtual fences set to transform farming. http://www.csiro.au/Outcomes/Food-and-Agriculture/~media/CSIROau/Divisions/CSIRO%20Entomology/VirtualFences_ento_pdf%20Standard.pdf

- [3] WAVE es un formato de audio digital normalmente sin compresión de datos desarrollado y propiedad de Microsoft e IBM. <http://tools.ietf.org/html/rfc2361>
- [4] <http://www.google.com/earth/index.html>
- [5] Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep . D.H. Milone, H.L. Rufiner, J.R. Galli, E.A. Laca, C.A. Cangiano
- [6] Reconocimiento automático de sonidos ingestivos en rumiantes . D. Milonea, J. Gallib, C. Martíneza, H. Rufinera, E. Lacad, C. Cangiano. http://www.inta.gov.ar/actual/congreso/jaiio/doc/JIAA_GRO_2008_28.pdf
- [7] Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models . Diego H. Milone¹, María Soledad Padron, and Julio R. Galli, Carlos A. Cangiano, and Hugo L. Rufiner
- [8] http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?titulo=descifran_los_sonidos_que_emiten_las_vacas_al_comer&id=135
- [9] Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle . E. A. Laca and M. F. WallisDeVries
- [10] Territorio y ganadería en la Patagonia Argentina: desertificación y rentabilidad en la Meseta Central de Santa Cruz, Andrade, Larry. Economía, Sociedad y Territorio, Vol. III, Núm. 012, julio-dici, 2002. El Colegio Mexiquense, A. C. México. “redalyc.uaemex.mx/pdf/111/11112309.pdf”
- [11] Automatic cattle control systems grazing without boundaries , Dave Swain, Greg Bishop-Hurley, and Jill Griffiths, Farming Ahead June 2009 No. 209 www.farmingahead.com.au
- [12] Sensor and Actuator Networks: Protecting Environmentally Sensitive Areas . Tim Wark, Chris Crossman, and Philip Valencia Dave Swain and Greg Bishop-Hurley Rebecca Hancock <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2009.15>
- [13] <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41303G.pdf>
- [14] <http://www.lpi.tel.uva.es/~santi/slweb/muestreo.pdf>
- [15] <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-utm.pdf>
- [16] <http://www.tronico.fi/OH6NT/docs/NMEA0183.pdf>
- [17] <http://www.locosystech.com/product.php?zln=en&id=20>
- [18] http://foro.gabrielortiz.com/comparte/repositorio/Gabriel/Geograficas-UTM_Hoja_A1.pdf
- [19] <http://www.zigbee.org/>