

Implementación de un Dispositivo para la Gestión de los Recursos del Ancho de Banda

Edisson Alexander Machado Giraldo y Juan Felipe Botero Vega

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Departamento de Ingeniería de Sistemas
edisson.machado@gmail.com

Recibido para revisión May-2006, aceptado Jun-2006, versión final recibida Jun-2006

Abstract: The apogee of the communications at world-wide level causes that the organizations are seen in the necessity to use tools like Internet and the internal networks of computers (LAN: *local area networks*), assuming these like a fundamental requirement for the improvement of their processes and the fulfilment of their objectives. As a result of this necessity, almost all the companies of our means have in their physical installations a computer science system supported by networks of computers with Internet connection. Because all the employees have access to Internet with the same rights, it does not matter if a user is making an inadequate use of the bandwidth which the company has, because this user will always have the same priority that another user who is making use of some application or service of Internet considered critical for the operation of the company. This problem is originated due to the lack of bandwidth management. In order to solve this problem, a device that is in charge to manage the resources of the bandwidth of a network with connection to Internet was developed.

1 INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones cumplen hoy un papel estratégico en el desarrollo de las empresas, y dentro de ellas sobre todo Internet, herramienta condicionada en su utilización eficiente por un recurso limitado como es el ancho de banda. En la actualidad, en la mayoría de las empresas, cuando un usuario de la red interna pide recursos de ancho de banda a través de cualquier servicio de Internet, los obtiene sin ningún tipo de control; si a la vez son muchos los usuarios que solicitan dichos recursos, sus pedidos son atendidos arbitrariamente. Esto con frecuencia ocasiona retrasos en tareas cruciales para los objetivos de la empresa, causándole pérdidas o exceso de costos. Como solución a esta problemática se desarrolló un dispositivo con capacidad de gestionar el ancho de banda disponible, asignando porcentajes de éste dependiendo de las políticas de prioridad que se definen para la red. El dispositivo se construyó en un PC, adaptado con dos tarjetas de red para permitir la entrada y salida de los paquetes por interfaces diferentes, y corriendo el sistema operativo Linux, dado que este sistema operativo maneja herramientas de gestión de ancho de banda. El artículo tiene la siguiente estructura. En la segunda sección se explicará en detalle en qué consiste la gestión del ancho de banda y los métodos que se usan para aplicarla. Luego en la sección 3 se hablará de los antecedentes que han abordado el problema. En la sección 4 se hablará del proceso que requirió la construcción del dispositivo; los resultados de las pruebas que se hicieron para comprobar

la eficiencia del dispositivo se mostrarán en la sección 5. Las conclusiones y el trabajo futuro se tratarán en la sección 6.

2 GESTIÓN DEL ANCHO DE BANDA

La gestión del ancho de banda es la solución que se ha desarrollado para el problema expuesto anteriormente. Se define gestión de ancho de banda, como la manera de definir políticas que responden a una jerarquía establecida por un ente administrador de la red de acuerdo a las necesidades que presente la organización. Entre las políticas [INTAP (2001)] más utilizadas a nivel de control de tráfico en el ancho de banda se encuentran: el control de tráfico por aplicación, por grupo de usuario (subredes IP), por dirección IP de origen/destino y por la hora del día.

En la política de *control de tráfico por aplicación* se gestiona el tráfico dependiendo de la aplicación que sea solicitada al enrutador que permite la salida a Internet.

Por otro lado la *gestión del ancho de banda por grupo de usuarios* (subredes IP origen/destino) realiza gestión del tráfico de las subredes asignándole prioridades a cada una de ellas en una organización, según las necesidades identificadas por el administrador de la red.

El *control de tráfico por dirección IP de origen/destino* realiza gestión del tráfico que pueda generar o recibir una terminal, asignándole los recursos de ancho de banda que el administrador de la red considere con-

venientes.

Por último la política de control de tráfico según la hora del día, define rangos de horarios en los cuales algunos terminales tendrán acceso a servicios de Internet o no.

Para una mejor aplicación de estas políticas es recomendable y pertinente tomar la decisión de anidar políticas, es decir, dentro de una política establecer prioridades con respecto a otras políticas. Por ejemplo, si hay un grupo de usuarios que requiere un ancho de banda mayor que otro, pero uno de los grupos en particular necesita trabajar en varias aplicaciones, unas más prioritarias que otras, entonces se aplicaría una política por grupo de usuarios (subred IP), y dentro de ésta se aplicaría una política por aplicación.

Para que todas las anteriores políticas sean implementadas deben basarse en algún método para la gestión del ancho de banda. Uno de los métodos más utilizados para dicha gestión se basan en el encolado de los paquetes de datos para su posterior gestión de acuerdo a una política predefinida, el encolado se practica mediante algoritmos llamados disciplinas de colas [Vivian y Irwin (2001)].

Disciplina de colas

Internet utiliza la pila de protocolos TCP/IP (modelo de comunicaciones por Internet más utilizado a nivel mundial). Sin embargo, TCP/IP no tiene forma de conocer la capacidad de ancho de banda que tiene la red que une dos equipos que se comunican. De esta forma lo que ocurre es que los paquetes son enviados cada vez más rápido hasta que empiezan a perderse parte de los mismos debido a que se supera la capacidad de la red, momento que TCP/IP aprovecha para ajustar la velocidad de envío. Esta forma de trabajar es lo que se puede controlar y modificar mediante el proceso de encolar paquetes. Las colas y disciplinas de colas son, junto con otras, las herramientas que permiten definir las políticas de los procesos de encolar paquetes.

Existen dos tipos de disciplinas de colas. La disciplina de colas sin clases es aquella disciplina de colas en la cual la gestión del tráfico no puede ser configurada por el administrador de la red. El tráfico se clasifica de acuerdo al campo TOS (Tipo de Servicio) del paquete IP. La disciplina de colas con clases puede contener muchas clases, cada una de las cuales es interna a la disciplina de colas y se crea con base a las políticas que el usuario haya predefinido. Además, cada clase contiene una nueva disciplina de colas, que puede ser con clases o sin ellas. Las disciplinas de colas con clases necesitan determinar a qué clase envían cada paquete que llega, utilizando un clasificador. A su vez la clasificación la llevan a cabo utilizando filtros, los cuales determinan una serie de condiciones que deben cumplir los paquetes.

En la siguiente tabla (ver Tabla 1) se podrán obser-

var las disciplinas de colas más conocidas, así como su clasificación, sin clases o con clases:

Tabla 1: Comparación disciplinas de colas

Disciplinas De colas	fifo	pq	fq	sfq	tbf	cq	wfq	htb	cbq
Con clases	x						x	x	x
Sin clases	x	x	x	x	x	x	x	x	

3 ANTECEDENTES

Existen dispositivos para la gestión del ancho de banda que realmente cumplen los objetivos que se buscan: regularlo de acuerdo a la prioridad de las aplicaciones. El problema de la implementación de estos dispositivos es, entre otros, su alto costo y alto nivel de complejidad.

Productos Comerciales

La siguiente tabla (ver Tabla 2) muestra las características fundamentales de ocho dispositivos que realizan gestión del ancho de banda.

Tabla 2: Comparación entre productos existentes

Producto	Ancho de banda	Versión	SO (Sistema Operativo)
Vendedor	Modelo	Mbps	
Open Source	ALTQ [3]	100	2.2
Net Guard	Guardian Pro [4]	10	5.02
Check Point	Flood Gate [5]	45	4.1
Actual	Policer	100	16.4
Broadweb			Embedded NT, hardware
Packeteer	Packet Shaper [6], [7]	45	4.12
Silera	Qos Works [8]	100	1.8
Netreality	Wise Wan [9]	5	4.0
			Proprietary hardware

4 CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO DE GESTIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Para la construcción del dispositivo se utilizó un computador personal con 2 interfaces de red LAN y el sis-

tema operativo Linux, la distribución utilizada en el equipo es Knoppix 3.8 [Wikipedia (2006)].

Uno de los objetivos fue que el dispositivo interceptara el tráfico de información de la red de manera transparente, es decir, la red no se tiene que alterar para instalar el dispositivo. Para que el dispositivo intercepte el tráfico de esta manera se necesita que el tráfico no vaya dirigido a él, es decir, que el dispositivo sea "invisible" para las estaciones de trabajo en la red. La forma que existe para superar este problema es, convertir al dispositivo en un bridge [Beja (2006)]. La función del bridge es dividir una red en dos segmentos diferentes. Pero la funcionalidad de un bridge que tiene sentido para el proyecto es la intersección transparente de tráfico, el bridge simplemente analiza los paquetes y los envía al segmento al que pertenecen, pero se puede aprovechar mientras el bridge analiza los paquetes, para realizarles la gestión del ancho de banda.

Para que el dispositivo pueda controlar el ancho de banda necesita tener instaladas las herramientas iproute2 y TCNG [Almesberger (2002)], que son herramientas de software libre que funcionan en el sistema operativo Linux.

Uno de los objetivos del proyecto fue construir un lenguaje que permita configurar de manera mucho más sencilla el dispositivo, para que no sea difícil que un usuario normal lo configure, sin que exista la necesidad de que el usuario conozca TCNG o Linux.

Se creó un lenguaje que nos permite ingresar las políticas de gestión del ancho de banda de una manera amigable para el usuario. Para que el dispositivo pudiera implementar el lenguaje que se creó, se desarrolló un software que permite transformar las políticas que se ingresan en el lenguaje que se creó, al lenguaje TCNG (que es el lenguaje que maneja el dispositivo).

El lenguaje que se creó para definir las políticas, se puede resumir en la Figura 1.

El lenguaje que se muestra en la Figura 1 está representado en forma de árbol, tiene un punto de entrada y un punto de salida. Del punto de entrada, se desprenden las políticas que gestionarán el ancho de banda. Al primer grupo de políticas (ubicadas horizontalmente en el segundo nivel de la Figura 1) se les llama políticas de primer nivel, y está conformado por los distintos tipos de políticas que se pueden escoger (Aplicación, Dirección IP, Hora del día, etc.). Cuando se elige alguna de las políticas del nivel 1, se está eligiendo el padre de un nuevo árbol que contendrá las políticas hijas, es decir, anidadas en el padre. No siempre que se elige un padre es necesario que tenga hijos, puesto que con sólo definir políticas en el nivel 1 del árbol se puede lograr una gestión en el ancho de banda sin necesidad de tener hijos.

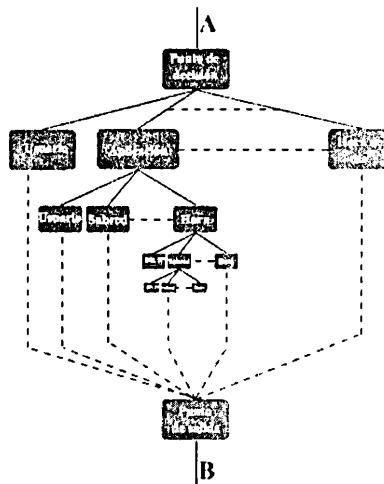


Figura 1: Lenguaje para definición de políticas de gestión del ancho de banda

El software que se desarrolló tuvo un alcance, definido para el proyecto, que contiene 2 restricciones fundamentales: la primera es que se pueden definir como máximo 2 niveles de subdivisión de políticas y la segunda consiste en que sólo se pueden configurar políticas con respecto a: aplicación, dirección IP (origen y destino) y subred IP (origen y destino).

El dispositivo gestiona el ancho de banda, utilizando como método [Velásquez (2006)] la suma de la disciplina de colas con clases HTB y la disciplina de colas sin clases SFQ [Vivian y Irwin (2001)].

5 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para probar el funcionamiento del dispositivo, se creó un escenario de pruebas donde se definieron políticas para determinados tipos de tráfico en unas determinadas circunstancias.

Lo que se hizo fue transferir un tráfico predeterminado entre 2 computadores, uno actuando como cliente y otro como servidor (ver Figura 2), durante un tiempo predeterminado (20 minutos) y con un ancho de banda de 40 kbps, además se ubicó el dispositivo de gestión del ancho de banda entre los 2 computadores. Se realizaron 4 pruebas, en las que se configuraron diferentes políticas de gestión de ancho de banda, y se observó el comportamiento del flujo de información para cada una de los escenarios creados.



Figura 2: Escenario de pruebas

Para monitorear los resultados se utilizó el software NTOP [NTOP (2006)], una aplicación para Linux que permite mostrar el uso de la red.

El tráfico que se transmitió entre los 2 computadores fue un tráfico controlado que constó de la transferencia de información mediante cuatro protocolos de aplicación: FTP, HTTP, TFTP y SSH. Mediante los primeros tres protocolos se hizo una transferencia de tráfico pesado, es decir, se transfirieron archivos de un tamaño considerable. Mientras que con el protocolo SSH, la transferencia fue interactiva¹.

En la primera prueba que se realizó no se configuraron políticas de gestión de ancho de banda, se transmitió durante 20 minutos el tráfico sin configurar ninguna política y el resultado se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados de la prueba sin el dispositivo instalado

Protocolo	Cantidad de tráfico descargado	Porcentaje
FTP	25 MB	39%
HTTP	25 MB	39%
SSH	545 KB	8%
TFTP	748.1 KB	11%

Los resultados que se obtuvieron sin el dispositivo aplicando las políticas de gestión de ancho de banda, mostraron que los protocolos HTTP y FTP lograron descargar una mayor cantidad de datos que los otros protocolos, en el mismo tiempo, es decir, estos dos protocolos consumieron más ancho de banda que otros en el mismo tiempo.

En la segunda prueba que se realizó se aplicaron las políticas que se pueden ver en la Tabla 4, como grupo de políticas 1. Esta prueba se realizó de 2 maneras, eligiendo la opción de préstamo y sin elegirla. La opción de préstamo se usa para que un protocolo utilice el ancho de banda que le corresponde a otro, siempre y cuando este otro no esté usando todo el ancho de banda que se le asignó, es decir, siempre que el ancho de banda esté ocioso. La opción sin préstamo no permite que un protocolo utilice más ancho de banda del que le es asignado, sin importar que otro protocolo esté desperdiando el ancho de banda que se le asignó.

Tabla 4: Grupos de políticas aplicadas en las pruebas

Protocolo	Porcentaje del ancho de banda asignado Grupo Políticas 1	Porcentaje del ancho de banda asignado Grupo Políticas 2	Porcentaje del ancho de banda asignado Grupo Políticas 3
FTP	35%	20%	15%
SSH	25%	20%	15%
TFTP	25%	45%	40%
Otros	15%	15%	15%

En este primer grupo de políticas se puede ver que el protocolo HTTP tiene un pequeño porcentaje de ancho de banda asignado, pues está ubicado en "otros", por lo que ese 15% de ancho de banda que se muestra en la Tabla 4, lo tiene compartido con otro tipo de tráfico que no se genera en las pruebas, pero que se puede dar, como es el caso de ICMP (mensajes de error) y ARP (protocolo de resolución de dirección).

Los resultados de la implementación del primer grupo de políticas sin utilizar préstamo, se pueden observar en la Figura 3.



Figura 3: Resultados desplegados por el NTOP con el primer grupo de políticas sin aplicar préstamo

La Figura 3 muestra una gran similitud entre las políticas que se establecieron y los resultados obtenidos, los resultados exactos que se obtuvieron se pueden analizar en la Tabla 5. El color naranja en la Figura 3 simboliza al protocolo TFTP, el software NTOP sólo muestra los protocolos más conocidos como FTP, HTTP y SSH, a los otros protocolos los ubica en "otros".

Se requieren algunas aclaraciones con respecto a la Tabla 5. La primera fila se refiere a los protocolos que están siendo evaluados. La segunda fila muestra los porcentajes que tiene asignado cada protocolo de acuerdo al primer grupo de políticas que se definieron. La tercera fila nos muestra el ancho de banda en kbps que cada protocolo tendrá, teniendo en cuenta que el 100% del ancho de banda son 40 kbps. La cuarta fila nos muestra el ancho de banda que cada protocolo consumirá en KBps, que se consigue de dividir la velocidad en kbps entre 8 (1KBps = 8 kbps). La quinta fila nos muestra la cantidad de datos en KB que se esperan durante los 20 minutos (1200 segundos) que dura una prueba. En la sexta fila se muestran los resultados obtenidos de la prueba.

¹El tráfico interactivo no se refiere a una descarga de un archivo, sino a la interacción con la consola de un equipo remoto

Tabla 5: Resultados con el primer grupo de políticas sin aplicar préstamo

Protocolo	MTTF	FTP	SSM	TFTP
% de ancho de banda asegurado	15 o menos	35	25	25
Kilobits por segundo kbps = $(40 \text{ kbps} * \% / 100)$	6 o menos	14	10	10
Velocidad de transferencia en KiloBytes por segundo KBps = $(\text{Mbps} / 1200)$	0.75 o menos	1.75	1.25	1.25
Cantidad de tráfico esperado en KiloBytes KB = $(\text{Mbps} * 1200)$	900 o menos	2100	1500	1500
Cantidad de tráfico obtenido en KiloBytes	865.2	2040.4	1493.4	1433.6

Se puede observar en la columna que se refiere al protocolo HTTP que de la segunda a la cuarta fila se indica que los datos allí referidos pueden ser menores a los enunciados. Esto se debe a que el protocolo HTTP está incluido en la política de otro tipo de tráfico, por lo que el ancho de banda está compartido con otro tipo de tráfico que no se haya generado en las pruebas.

Los resultados fueron satisfactorios en esta prueba, ya que se acercaron bastante los resultados esperados a los resultados obtenidos. Además se cumplió con la gestión del ancho de banda, HTTP que fue el protocolo más consumidor de ancho de banda cuando no se aplicaron políticas, es ahora el protocolo de menos consumo de ancho de banda, debido a que las políticas fueron correctamente aplicadas.

Al realizar la misma prueba, pero aplicando préstamo en las políticas, los resultados no variaron (ver Figura 4).



Figura 4: Resultados desplegados por el NTOP con el primer grupo de políticas aplicando préstamo

La Figura 4 parece ser una fotografía de la Figura 3, lo mismo ocurre con los resultados, son muy similares (casi exactos) a los de la Tabla 5. Esto se explica argumentando que cada protocolo consumió en todo momento el ancho de banda que tenía asignado, por lo que no hubo nunca posibilidad de prestar ancho de banda.

El segundo grupo de pruebas que se realizaron, estuvieron hechas de acuerdo a las políticas que se enuncian en la Tabla 4, como grupo de políticas 2.

En este segundo grupo de políticas se priorizó la transferencia de datos mediante el protocolo HTTP, mientras que se redujo el ancho de banda para la transferencia mediante el protocolo TFTP.

Los resultados de la implementación de este segundo grupo de políticas sin aplicar préstamo se pueden observar en la Figura 5.



Figura 5: Resultados desplegados por el NTOP con el segundo grupo de políticas sin aplicar préstamo

La Figura 5 muestra una gran similitud entre las políticas que se establecieron y los resultados obtenidos, los resultados exactos que se obtuvieron se pueden analizar en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados con el segundo grupo de políticas sin aplicar préstamo

Protocolo	MTTF	FTP	SSM	TFTP
% de ancho de banda asegurado	45	20	20	15 o menos
Kilobits por segundo kbps = $(40 \text{ kbps} * \% / 100)$	18	8	8	6 o menos
Velocidad de transferencia en KiloBytes por segundo KBps = $(\text{Mbps} / 1200)$	2.25	1	1	0.75 o menos
Cantidad de tráfico esperado en KiloBytes KB = $(\text{Mbps} * 1200)$	2700	1200	1200	900 o menos
Cantidad de tráfico obtenido en KiloBytes	2682.6	1170	1185	892 o menos

La Tabla 6 se interpreta de la misma manera que la Tabla 5 solo que los datos que pueden ser menores a los enunciados pertenecen ahora al protocolo TFTP, puesto que este en el grupo de políticas pertenece a "otros" (ver Tabla 4, grupo de políticas 2).

En cuanto a los resultados, se puede concluir en este caso también que la diferencia entre los resultados obtenidos y esperados es muy pequeña, por lo que los resultados obtenidos son satisfactorios.

Como en el caso anterior, al realizar las pruebas utilizando préstamo, no se observó ninguna diferencia (ver Figura 6), debido a la misma razón que en el caso anterior.



Figura 6: Resultados desplegados por el NTOP con el segundo grupo de políticas aplicando préstamo

Para poder observar si el préstamo funcionaba, se decidió realizar una última prueba con unas políticas configuradas como muestra la Tabla 4 (grupo de políticas 3). Los porcentajes de este grupo de políticas no suman 100%, queda un 15% sobrante, el cual queda libre para ser prestado a alguno de los protocolos o a todos. En la Figura 7 se ven los resultados que se obtuvieron mediante para esta prueba.



Figura 7: Resultados desplegados por el NTOP con el grupo de políticas para préstamo

Los resultados que nos muestra la Figura 7 se pueden analizar al observar la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados con el Grupo de políticas para préstamo

Protocolo	HTTP	FTP	SSH	TFTP
% de ancho de banda asegurado	40	15	15	15
Kilobits por segundo kbps = $(40 \text{ kbps} * \% / 100)$	16	6	6	6 o menos
Velocidad de transferencia en KiloBytes por segundo KBps = $(kbps/8)$	2	0.75	0.75	0.75 o menos
Cantidad de tráfico esperado en KiloBytes KB = $(KBps * 1200)$	2400	900	900	900 o menos
Cantidad de tráfico obtenido en KiloBytes	2670	1248	949.8	1000

Los resultados que muestra la tabla anterior nos confirman que la opción de préstamo funciona correctamente, esto se puede ver en la relación que existe entre los resultados obtenidos y los resultados esperados. Los resultados obtenidos son mayores que los resultados esperados debido a que el préstamo se utilizó, es decir, el ancho de banda que se dejó ocioso fue utilizado por todos los protocolos, en unos casos más que en otros, por ejemplo, los protocolos FTP y HTTP usaron más ancho de banda ocioso que los protocolos SSH y TFTP.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Como se ha mostrado en el presente artículo, el dispositivo efectivamente gestiona el ancho de banda con relación a las políticas que se lo configuran. Se obtuvieron resultados muy satisfactorios en las pruebas que se realizaron al dispositivo, que mostraron la capaci-

dad que tiene el mismo de gestionar el ancho de banda, restringiendo eficazmente el tráfico de información de acuerdo a los valores que se le predefinieron. Para que la configuración del dispositivo se realice de manera fácil y amigable, se ha desarrollado un software basado en un lenguaje de especificación de políticas que permite configurar las políticas de manera gráfica en el dispositivo.

Como posibles trabajos futuros cabe considerar el hardware en que está implementado el dispositivo. El diseño actual se puede mejorar si se implementa el dispositivo en un sistema embebido, debido a que el computador personal está diseñado para la interacción continua con el usuario, mientras que el dispositivo de gestión del ancho de banda sólo tiene interacción con el usuario en el momento en que se vayan a configurar las políticas para la gestión de la red, para este fin es mejor trabajar con un dispositivo embebido, en el que se configure sólo una manera de interactuar con el usuario. Además por cuestión de costos, es mucho más conveniente que el dispositivo sea implementado en sistema embebido en comparación con un computador personal. Se puede considerar también, como trabajo futuro, una mejoría en el software, éste se puede mejorar si se le da la posibilidad de configurar un mayor rango de tipos de políticas, además se le puede añadir una funcionalidad en la que el usuario pueda definir el método (disciplina de colas) de gestión del ancho de banda. También se puede aumentar la subdivisión de políticas, el software sólo permite 2 niveles de definición de políticas, sería mejor que se pudieran definir tantos niveles como fueran necesarios.

REFERENCIAS

- Almesberger, W. (2002), 'Linux traffic control - next generation'.
 Bejar, E. (2006), 'Linux ethernet bridge, guía de instalación', En línea: <<http://www.linkabu.net/linux/>> C04/06.
- INTAP (2001), Survey on policy-based networking addressing issues, technological trends, future prospects of policy exchange methods in multi-domain scenarios.
- NTOP (2006), 'Ntop official site', En línea: <<http://www.ntop.org/news.html>> C04/06.
- Velásquez, G. (2006), 'Evaluación de mecanismos para la gestión del ancho de banda de una red de computadores bajo linux (evalgab)'.
- Vivian, B. y Irwin, W. (2001), Bandwidth management and monitoring for ip network traffic: An investigation, Technical report, Rhodes University.
- Wikipedia (2006), 'Knoppix manual', En línea: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Knoppix>> C04/06.