

Analiza działania protokołu STP dla portów zagregowanych

The analysis of STP protocol for aggregated interfaces

**Radosław Wróbel¹, Tomasz Ortyl¹,
Adam Sobkowiak¹, Waldemar Kokot¹**

Treść. Celem przedstawionych prac było sprawdzenie, czy protokoły agregujące wiele portów fizycznych w jeden logiczny (LACP, PAgP) oraz protokół STP (RSTP) na skonsolidowanych kanałach, pracują zgodnie z dokumentacją IEEE i Cisco. Badania przeprowadzono, agregując kilka portów (dokładnie: 1, 2 i 4) i sprawdzając wynik działania protokołu drzewa rozpinającego. W pracy przedstawiono nie tylko wyniki działania protokołów (komendy show), ale także sposób konfiguracji. Badania wykonano w laboratorium Cisco Wrocławskiej Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej, wykorzystując przełączniki rodziny Cisco Catalyst 2960.

Słowa kluczowe: STP, agregacja portów, przełącznik.

Abstract. The aim of showed researchers was getting confirmation about proper working protocols, aggregated few physical interfaces into one, and checking of STP (RSTP) protocol works on consolidated channels. Researchers was making by aggregation few ports (exactly: 1, 2 and 4) and checked results of Spanning – Tree Protocols works. In paper showed not only results of working protocols (“show” commands) but also proper manner of configuration for channel consolidation. The researchers was made in Cisco laboratory of Wrocław School of Information Technology, on new switches Catalyst 2960

Key words: STP, Port aggregation, switch.

1. Wstęp

Agregacja portów z wykorzystaniem *Port Channel* jest popularną metodą zwiększania niezawodności i przepustowości połączeń fizycznych, wykonywaną w systemach autonomicznych, wykorzystujących przełączniki zarządzalne. Mogłoby się wydawać, że podłączenie trunkowe dwóch lub większej ilości przełączników przy pomocy kilku, jednocześnie załączonych kabli automatycznie wywoła procesy protokołu STP (ang. *Spanning-Tree Protocol*) i tak jest w rzeczywistości. STP wyłącza nadmiarowe ścieżki (niekiedy w sposób, nie wprost widoczny dla administratora), aby uniknąć zapętleń, a co za tym idzie powielenia zapytań i odpowiedzi, aż do stanu, który uniemożliwi funkcjonowanie sieci.

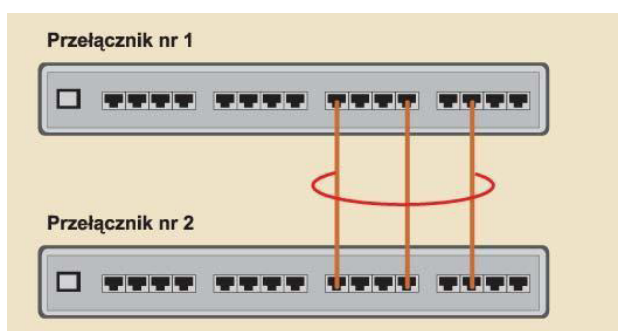
Agregacja, o której mowa (nazywana niekiedy konsolidacją), polega na fizycznym podłączeniu kilku portów przełącznika z kilkoma portami innego przełącznika (lub innego urządzenia obsługującego tą technologię). Maksymalna liczba jednocześnie wykorzystywanych połączeń fizycznych, które mogą uczestniczyć w agregacji wynosi 8 [1, 2]. Łączne pasmo logicznego połączenia jest równe sumie pasm poszczególnych połączeń fizycznych, uczestniczących w procesie, a grupa interfejsów fizycznych, traktowana jest, jako pojedynczy, logiczny interfejs.

W artykule przedstawiono analizę działania protokołu drzewa rozpinającego (STP) na grupie portów, zagregowanych przy pomocy *Port Channel*. Przedstawiono wyniki działania protokołu STP dla różnej ilości skonsolidowanych portów.

2. Protokoły: STP, PAgP i LACP

STP

Spanning Tree Protocol (STP) jest to nieroutowalny protokół warstwy 2 modelu ISO/OSI opisany w standardzie IEEE 802.1D, działa w obrębie domeny rozgłoszeniowej segmentu sieci LAN. Swoje działanie opiera na protokole



Rys. 1. Porty skonsolidowane przy pomocy Port Channel [1]

drzewa rozpinającego (*ang. Spanning-Tree Protocol*). Każdy przełącznik przechowuje topologię sieci w obrębie swojej domeny rozgłoszeniowej, zbudowaną na podstawie protokołu STP.

Zadania realizowane przez STP:

- zapewnienie środowiska wolnego od pętli w przypadku, gdy topologia fizyczna jak i logiczna segmentu sieci LAN posiada połączenia nadmiarowe,
- zmiana trasy ramek warstwy 2 na połączenie nadmiarowe w przypadku utraty połączenia podstawowego,
- zapewnia, że w fizycznym i logicznym segmencie sieci LAN pomiędzy dwoma urządzeniami warstwy 2 jest tylko jedno aktywne połączenie.

Ogólna zasada działania STP.

Po uruchomieniu protokołu STP wybierany jest przełącznik, który stanie się korzeniem drzewa rozpinającego (*ang. rootem*) topologii. Aby to umożliwić, na wszystkich portach przełączników wysyłane są ramki konfiguracyjne protokołu STP, nazwane Bridge Protocol Data Units (BPDU). Po wybraniu przełącznika, który będzie rootem, na pozostałych następuje wybór drogi do roota, który dokonywany jest na podstawie kosztu danej trasy. Port, który jest na trasie o najniższym łącznym koszcie do roota, staje się root portem i przechodzi w tryb przekazywania (*ang. forwarding*). Port lub porty, które prowadzą od roota i są na trasie o wyższych kosztach, zostają wybrane na porty desygnowane (*ang. designated ports*) i są również w trybie forwarding. Pozostałe porty są w stanie blokowania (*ang. blocked*). Przykładowo koszt trasy 100Mbps to 19, a trasy 10Gbps to 2 [3].

Po zaniku lub zwiększeniu kosztu trasy na root porcie, STP na podstawie swojej bazy topologii zmienia port o dotychczas gorszej trasie na root port, stan portu zmienia się z blocked na forwarding (designated port na przełączniku bliżej roota jest cały czas w trybie forwarding) i alternatywna trasa staje się aktywna. W przypadku takiej zmiany topologii wysyłane są ramki BPDU Topology Change Notification, które informują o tym, aby topologię przebudować. Do utrzymania aktualności topologii wykorzystywane są pakiety BPDU, wysyłane co dwie sekundy przez roota i przekazywane w głąb drzewa [3].

W tabeli 1 poniżej stany oraz domyślne czasy przejścia do następnego stanu, przez jakie przechodzi port przełącznika korzystający z STP [3].

Tab. 1. Stany przez jakie przechodzi port przełącznika pracujący w domyślnej konfiguracji

Stan portu	Odbieranie BPDU	Wysyłanie BPDU	Czy znany MAC adres urządzenia podłączonego do portu?	Czy port uczestniczy w transmisji danych?
1) Disabled	Nie	Nie	Nie	Nie
2) Blocking (20 sekund)	Tak	Nie	Nie	Nie
3) Listening (15 sekund)	Tak	Tak	Nie	Nie

4) Learning (15 sekund)	Tak	Tak	Tak	Nie
5) Forwarding	Tak	Tak	Tak	Tak

LACP i PAgP

Ogólne właściwości.

LACP (IEEE 802.3ad) i PAgP (protokół własności Cisco) są to nieroutowalne protokoły pozwalające na agregację do ośmiu fizycznych połączeń pomiędzy dwoma urządzeniami w jedno połączenie logiczne znane jako Port channel bądź etherchannel. Realizują one rozkładanie ruchu na zagregowanym logicznym połączeniu na wszystkie fizyczne połączenia. Takie logiczne połączenie może być skonfigurowane jako trunk lub jako access. Protokoły te wymagają, aby interfejsy fizyczne uczestniczące w linku logicznym miały takie same ustawienia m.in. co do szybkości i duplexu. Połączenie logiczne działa tak długo jak długo aktywne jest przynajmniej jedno połączenie fizyczne [6].



Rys. 2. Przykład zestawionego połączenia

Poniżej znajduje się zobrazowanie w jakiej sytuacji może dojść do zestawienia zagregowanego kanału.

LACP			PAgP		
	Active	Passive		Desirable	Auto
Active	Yes	Yes	Desirable	Yes	Yes
Passive	Yes	No	Auto	Yes	No

Rys. 3. Zasada poprawnego zestawienia zagregowanego połączenia [4]

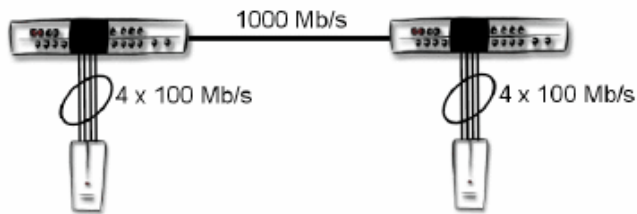
Zasadnicze różnice.

PAgP – (*ang. Port Aggregation Protocol*)

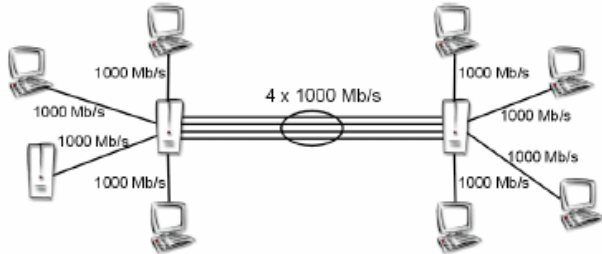
- Protokół własności Cisco.
- Pakiety PAgP wysyłane są zawsze do dobrze znanego adresu multicastowego urządzeń Cisco tj.01-00-0C-CC-CC-CC [7].
- STP komunikuje się pierwszym aktywnym połączeniem fizycznym [7].

LACP – (*ang. Link Aggregation Control Protocol*)

- Umożliwia dodanie do zagregowanego połączenia dodatkowych 8 fizycznych połączeń jako zapasowe.
- W porównaniu do PAgP możliwy do skonfigurowania również na hostach np.



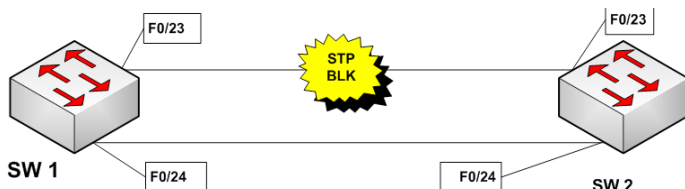
Rys. 4. Połączenie przełącznik – host [5].



Rys. 5. Połączenie host – host [5].

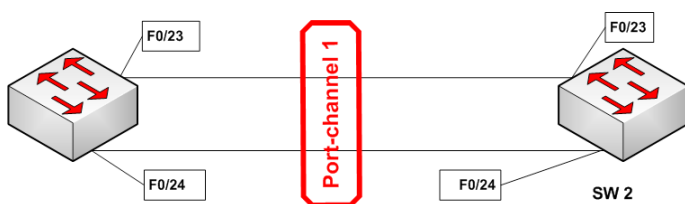
3. Przebieg eksperymentu

Do przeprowadzenia testów wykorzystano dwa 24 portowe przełączniki Ethernet firmy Cisco model WS-C2960. W zależności od etapu testu wykorzystywano od jednego do ośmiu jednoczesnych połączeń pomiędzy przełącznikami. Na rys. 6 przedstawiono wynik zadziałania protokołu STP, w wyniku którego port nadmiarowy (redundantny) został przełączony w stan blokowania.



Rys. 6. Połączenie przełączników dwoma równoległymi łączeniami trunkowymi i wynik działania protokołu STP

Jak można zauważyć, na powyższym rysunku, jedno z połączeń fizycznych zostało przez protokół STP przełączone w stan BLK (*BLOCKED*) i stanowi połączenia alternatywne na wypadek awarii głównego połączenia. W tym wypadku, aby ominąć (skądinąd pożądaną) działanie protokołu STP, wykonano sieć testową, agregując obydwa porty. Rys. 7 przedstawia ideowe działanie sieci po tej operacji.



Rys. 7. Połączenie przełączników dwoma równoległymi połączeniami zagregowanymi w jedno logiczne połączenie.

W tabeli 1 zaprezentowano konfigurację, charakterystyczną dla Port Channel, która umożliwi implementację technologii.

Tab. 2. Detale konfiguracyjne przy agregacji portów

SW1	SW2
hostname SW1	hostname SW2
!	!
spanning-tree mode rapid-pvst	spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id	spanning-tree extend system-id
!	!
interface Port-channel1	interface Port-channel1
!	!
interface FastEthernet0/23	interface FastEthernet0/23
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto
!	!
interface FastEthernet0/24	interface FastEthernet0/24
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto

Jak można zauważyć (tabela 2), interfejsy FastEthernet0/23 i FastEthernet0/24 przynależą do channel-grupy 1, będącej reprezentantem zagregowanego interfejsu *Port-Channell*. Jako protokół sygnalizacyjny został ustalony protokół PAGP. Wyświetlając stan interfejsu Port-channel, można potwierdzić przynależność dwóch wskazanych interfejsów do zagregowanego linku:

```
SW2# sh int port-channel1
Port-channel1 is up, line protocol is up (connected)
(Hardware is EtherChannel, address is 0022.bef3.e898 (bia
0022.bef3.e898)
,MTU 1500 bytes, BW 200000 Kbit, DLY 100 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Full-duplex, 100Mb/s, link type is auto, media type is unk-
nown
input flow-control is off, output flow-control is unsupport-
ed
Members in this channel: Fa0/23 Fa0/24
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
```

Natomiast status protokołu STP potwierdza równoległą pracę obu połączeń:

```
SW1#sh spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32769
Address 001a.6dda.af80
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
(Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 001a.6dda.af80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Po1 Desg FWD 12 128.72 P2p
```

W następnym kroku w grupie zagregowanych portów znalazły się dwa *Port Channele*, zawierające po dwa por-

ty (w tym wypadku: Fe0/1, 0/2, 0/23 i 0/24). W tabeli 3 zaprezentowano konfigurację, charakterystyczną dla Port Channeli (po dwa porty), która umożliwi implementację technologii.

Tab. 3. Detale konfiguracyjne przy agregacji portów (po 2 porty w kanale)

SW1	SW2
hostname SW1	hostname SW2
!	!
spanning-tree mode rapid-pvst	spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id	spanning-tree extend system-id
!	!
interface Port-channel1	interface Port-channel1
!	!
interface Port-channel2	interface Port-channel2
!	!
interface FastEthernet0/1 channel-group 2 mode active	interface FastEthernet0/1 channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/2 channel-group 2 mode active	interface FastEthernet0/2 channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/23 channel-group 1 mode desirable	interface FastEthernet0/23 channel-group 1 mode auto
!	!
interface FastEthernet0/24 channel-group 1 mode desirable	interface FastEthernet0/24 channel-group 1 mode auto

Jak widać, interfejsy FastEthernet0/23 i FastEthernet0/24 przynależą do channel-grupy 1 będącej reprezentantem zagregowanego interfejsu Port-Channel1. Jako protokół sygnalizacyjny został ustalony protokół PAgP. Interfejsy FastEthernet 0/1 i FastEthernet 0/2 przynależą do channel-grupy 2 będącej reprezentantem zagregowanego interfejsu Port-Channel2. Jako protokół sygnalizacyjny został ustalony protokół LACP. Wyświetlając stan interfejsu Port-channel1 można potwierdzić przynależność dwóch wskazanych interfejsów do zagregowanego linku:

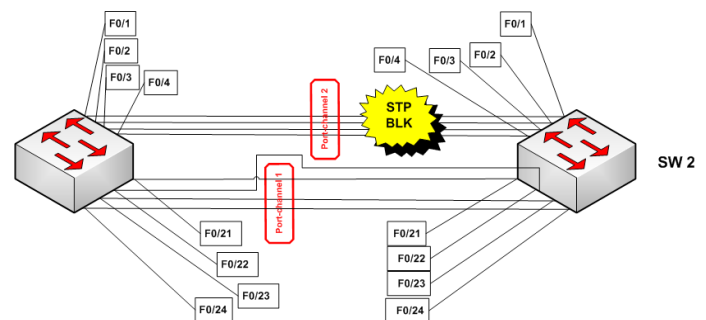
```
SW2# sh int port-channel1
(Port-channel1 is up, line protocol is up (connected))
(Hardware is EtherChannel, address is 0022.bef3.e898
(bia 0022.bef3.e898)
,MTU 1500 bytes, BW 200000 Kbit, DLY 100 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Full-duplex, 100Mb/s, link type is auto, media type
is unknown
input flow-control is off, output flow-control is
unsupported
Members in this channel: Fa0/23 Fa0/24
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
```

Z punktu widzenia protokołu STP, agregowane połączenie jest traktowane jako jeden logiczny link. Dodanie drugiego agregowanego połączenia powoduje, że protokół STP potraktuje jedno z nich jako połączenie alternatywne

i zablokuje je. Dowodem na to jest status protokołu STP na przełącznikach, natomiast zagregowany interfejs Port-channel 2 traktowany jest jako alternatywny (dla SW1):

```
SW1#sh spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32769
Address 001a.6dda.af80
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
(Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 001a.6dda.af80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Po1 Desg FWD 12 128.72 P2p
Po2 Desg FWD 12 128.80 P2p
```

Aby potwierdzić działanie protokołu przy większej ilości portów, wykonano i zaprojektowano sieć (rys. 8) dla czterech portów w kanale. Rysunek przedstawia zdarzenie, polegające na blokowaniu pojedynczego kanału przez protokół RSTP.



Rys. 8. Połączenie przełączników dwoma równoległymi połączeniami (po 4 interfejsy), zagregowanymi w jedno logiczne połączenie

W następnym kroku w grupie zagregowanych portów znalazły się dwa interfejsy typu *Port Channel*, zawierające po dwa porty (w tym wypadku: Fe0/1:0/4 i 0/21:0/24). W tabeli 4 zaprezentowano konfigurację, charakterystyczną dla interfejsów Port Channel (po cztery porty), która umożliwia implementację technologii.

Jak widać na poniższym przykładzie konfiguracji, interfejsy FastEthernet0/21, FastEthernet 0/22, FastEthernet0/23 i FastEthernet0/24 przynależą do channel-grupy 1 będącej reprezentantem zagregowanego interfejsu Port-Channel1. Jako protokół sygnalizacyjny został ustalony protokół PAgP. Interfejsy FastEthernet 0/1, FastEthernet 0/2, FastEthernet0/3 i FastEthernet0/4 przynależą do channel-grupy 2 będącej reprezentantem zagregowanego interfejsu Port-Channel2. Jako protokół sygnalizacyjny został ustalony protokół LACP.

Tab. 4. Detale konfiguracyjne przy agregacji portów (po 2 porty w kanale)

SW1	SW2
hostname SW1	hostname SW2
!	!
spanning-tree mode rapid-pvst	spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id	spanning-tree extend system-id
!	!
interface Port-channel1	interface Port-channel1
!	!
interface Port-channel2	interface Port-channel2
!	!
interface FastEthernet0/1	interface FastEthernet0/1
channel-group 2 mode active	channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/2	interface FastEthernet0/2
channel-group 2 mode active	channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/3	interface FastEthernet0/3
channel-group 2 mode active	channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/4	interface FastEthernet0/4
channel-group 2 mode active	channel-group 2 mode passive
!	!
interface FastEthernet0/21	interface FastEthernet0/21
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto
!	!
interface FastEthernet0/22	interface FastEthernet0/22
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto
!	!
interface FastEthernet0/23	interface FastEthernet0/23
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto
!	!
interface FastEthernet0/24	interface FastEthernet0/24
channel-group 1 mode desirable	channel-group 1 mode auto

Wyświetlając stan interfejsu Port-channel1, można potwierdzić przynależność dwóch wskazanych interfejsów do zagregowanego linku:

```
SW2# sh int port-channel1
(Port-channel1 is up, line protocol is up (connected)
(Hardware is EtherChannel, address is 0022.bef3.e898
(bia 0022.bef3.e898)
,MTU 1500 bytes, BW 200000 Kbit, DLY 100 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Full-duplex, 100Mb/s, link type is auto, media type
is unknown
input flow-control is off, output flow-control is
unsupported
Members in this channel: Fa0/21 Fa0/22 Fa0/23 Fa0/24
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
```

Z punktu widzenia protokołu STP agregowane połączenie nadal jest traktowane jako jeden logiczny link. Dodanie

drugiego agregowanego połączenia powoduje, że protokół STP potraktuje jedno z nich jako połączenie alternatywne i zablokuje je. Dowodem na to jest status protokołu STP na przełącznikach, który zagregowany interfejs Port-channel 2 traktuje jako alternatywny:

```
SW1#sh spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32769
Address 001a.6dda.af80
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
(Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 001a.6dda.af80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Po1 Desg FWD 12 128.72 P2p
Po2 Desg FWD 12 128.80 P2p
```

4. Podsumowanie

Celem badań było potwierdzenie działania protokołów agregujących w kontekście ich współdziałania z protokołem STP. Badanie potwierdziło założenia, że z punktu widzenia protokołu STP (RSTP), skonsolidowane połączenia są zgodnie z dokumentacją i traktowane jako pojedyncze połączenie logiczne. Całość przeprowadzonych eksperymentów potwierdza zgodność implementacji protokołów w platformie użytej do przeprowadzenia badań tj. przełączniki Cisco model 2960.

Literatura (References)

- [1] Strona domowa Computerworld. <http://www.computerworld.pl/artykuly/319724/Agregacja.portow.miedzy.przelacznikami.html>.
- [2] Cisco: Configuring Port Channels. <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus5000/sw/configuration/guide/cli/CLIConfigurationGuide/EtherChannel.html>.
- [3] CCNP: Building Cisco Multilayer Switched Networks Study Guide (642-811) by Terry Jack (Nov 5, 2003).
- [4] EtherChannel considerations <http://packetlife.net/blog/2010/jan/18/etherchannel-considerations/>.
- [5] Link Aggregation according to IEEE Standard 802.3ad <http://cs.uccs.edu/~scold/doc/linkageaggregation.pdf>
- [6] IEEE 802.3ad Link Aggregation.
- [7] EtherChannels & Load-Balance <http://ericleahy.com/index.php/etherchannels/>.